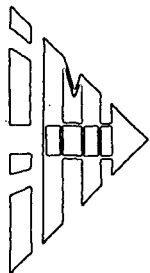


Institut de Formation aux Techniques

d'Implantation et de Manutention

Association sans but lucratif, régie par la loi du 1^{er} Juillet 1901



I. F. T. I. M. * 46, rue Troyon * 92 - SÈVRES * * * 027 54-40/41/42

E T U D E

de

L'EVOLUTION DES PROBLEMES DE MANUTENTION ET DE STOCKAGE

DANS LA CHAINE DES TRANSPORTS

==oOo==

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT
ET DU LOGEMENT

Service des Affaires Economiques
et Internationales

244, boulevard Saint-Germain
PARIS - VIIe

AVANT-PROPOS

Cette étude a été réalisée, à la demande du Service des Affaires Economiques et Internationales du MINISTERE DE L'EQUIPEMENT ET DU LOGEMENT, par l'I.F.T.I.M. en collaboration avec le CERLIC¹.

Cet organisme créé, sous forme de Groupement d'intérêt économique, par l'A.F.T.² et l'I.F.T.I.M., a en effet pour mission d'étudier les problèmes posés par les opérations de transport, de stockage et de manutention des marchandises.

Le but de l'étude est de présenter une analyse des problèmes de manutention et de stockage posés par les ruptures de charge et les opérations terminales dans la chaîne des transports, et de mettre en évidence les grandes lignes de l'évolution probable jusqu'en 1975 ainsi que les progrès souhaitables sur le plan des techniques ou de l'organisation.

==oOo==

- 1) Centre d'Etudes et de Recherches de Logistique Industrielle et Commerciale
- 2) Association pour le développement de la Formation professionnelle dans les Transports.

SOMMAIRE

Chapitres :

| | | | |
|------|---|---|-------|
| I | - | INTRODUCTION..... | p. 1 |
| II | - | LES UNITES DE CHARGE..... | p. 5 |
| III | - | TRI ET TRANSFERT DES MARCHANDISES..... | p. 14 |
| IV | - | LE STOCKAGE..... | p. 22 |
| V | - | LES MANUTENTIONS ASSOCIEES AU TRANSPORT AERIEN DES MARCHANDISES..... | p. 30 |
| VI | - | LES MANUTENTIONS DANS LE TRANSPORT FERROVIAIRE DES MARCHANDISES..... | p. 43 |
| VII | - | LES GARES ROUTIERES..... | p. 48 |
| VIII | - | LES MANUTENTIONS PORTUAIRES..... | p. 54 |
| IX | - | CONCLUSIONS..... | p. 67 |

==o0o==

| |
|------------------|
| I - INTRODUCTION |
|------------------|

Le transport de marchandises résulte d'envois de produits effectués par un expéditeur vers un destinataire. Lorsque ces produits sont des objets bien individualisés, ces envois ou expéditions sont eux-mêmes constitués par un ou plusieurs colis.

Nous désignerons par colis tout objet ou groupe d'objets conditionnés et emballés de façon à subir sans dommage l'ensemble des opérations de manutention et de transport.

Le colis est donc la plus petite unité de charge rencontrée pendant toute la chaîne des transports.

A partir de ces lots élémentaires que sont les colis, peuvent être constituées, pour une partie ou la totalité du transport, des unités de charge plus importantes.

Si l'on reprend l'exemple classique des petits pois, on peut ainsi rencontrer :

- = une boîte de petits pois, constituant le plus petit colis manutentionné
- = une caisse contenant plusieurs boîtes
- = une palette de plusieurs caisses
- = un container rempli de caisses ou de caisses mises sur palettes
- = et bientôt, une barge remplie de containers qui, lorsqu'elle sera embarquée dans un navire porte-barges, constituera une unité de charge.

Ces unités de charge voyagent à leur tour dans des unités de transport dont la capacité peut varier dans de très larges limites.

Les liquides, poudres et grains échappent dans une certaine mesure à cette classification du fait de leur caractère "continu". La quantité expédiée ne se trouve individualisée qu'une fois introduite dans un contenant. Dans le transport de masse, ce contenant sera souvent l'unité de transport elle-même ou l'un de ses éléments : camion ou wagon-citerne, cale du tanker ou du minéralier, etc... Dans de nombreux cas, ce n'est qu'au stade de la distribution finale que les liquides seront mis en bouteilles ou en bidons, les farines et les grains en sacs et qu'ils deviendront des objets expédiables sous forme de colis.

Il y a de façon générale en matière de transport, sauf peut-être en ce qui concerne les opérations de ramassage et de livraison effectuées en bout de chaîne, intérêt à acheminer en une seule fois les quantités les plus importantes possibles. D'où la nécessité de donner aux unités de transport de grandes capacités et d'utiliser celles-ci au maximum.

Or, il arrive fréquemment que les expéditions ne correspondent pas à elles seules à la capacité d'une unité de transport. Ceci implique alors qu'elles soient groupées en début de chaîne de transports pour constituer des chargements aussi importants que possible sur la plus grande distance possible.

Corrélativement, cette tendance au groupement des flux de marchandises sur un nombre limité de grands axes entraîne l'existence de centres d'éclatement où les charges sont dégroupées et où les marchandises sont triées pour être acheminées séparément vers des destinations différentes.

Il est en général difficile d'assurer un transport de bout en bout par le même moyen, sans transbordement. Soit qu'il soit nécessaire, pour des raisons d'ordre géographique, de changer de moyen de transport -passage d'un mode de transport maritime ou aérien à un mode de transport terrestre-, soit qu'il soit nécessaire de transiter par un centre d'éclatement tout en conservant le même mode de transport.

En ces points de transit, doivent donc avoir lieu une série d'opérations dont les importances respectives peuvent varier, mais qui se retrouveront presque toujours présentes. On rencontrera ainsi des opérations de :

- . = déchargement des marchandises hors de l'unité de transport
- = déplacement sur de courtes distances. Il s'agit de manutentions de transfert des colis d'un poste de déchargement à un poste de tri, puis à un lieu de stockage et enfin, de rechargement.
- = tri des marchandises par destination
- = stockage : l'impossibilité fréquente de transborder directement les marchandises d'une unité de transport dans une autre entraîne des temps d'attente, donc un stockage.
- = chargement d'une autre unité de transport.

A ces opérations physiques de manutention des marchandises, s'ajoutent des opérations administratives qui peuvent avoir une incidence sur les circuits de manutention et les durées de stockage nécessaires, donc sur le coût de l'ensemble des opérations de transbordement.

Pour une charge totale donnée et pour un moyen de manutention donné, le coût des manutentions diminue avec le nombre des colis manutentionnés. L'augmentation des charges unitaires trouve cependant sa limite dans la capacité du matériel utilisé. Pour pouvoir aller au-delà, il est nécessaire d'adopter un matériel de capacité supérieure. La rentabilité de celui-ci ne sera assurée que si la charge totale à manutentionner est suffisante pour que le matériel ne soit pas sous-employé.

En ce qui concerne les opérations de chargement et de déchargement des unités de transport, l'incidence des pertes de temps entraînées par le fractionnement de la charge se fait sentir non seulement sur le coût des

manutentions, mais aussi sur celui du transport proprement dit, en raison d'une immobilisation prolongée du véhicule, qui a pour conséquence d'en diminuer le rendement.

+ + +

Ces quelques réflexions sur l'ensemble des opérations de transport, de manutention et de stockage, ont uniquement pour but d'en souligner l'étroite interdépendance et de mettre en évidence la façon dont ces opérations influent sur le coût total du transport.

Avant d'examiner séparément comment ces problèmes évoluent dans le cadre de chacun des centres de transit propres à un mode de transport -aérogares de fret, gares routières, gares et centres de tri ferroviaires, ports maritimes et fluviaux-, nous examinerons de façon plus générale le rôle et l'évolution des types de charges unitaires, des méthodes de tri et de manutention de transfert et des systèmes de stockage.

+ + +

II - LES UNITES DE CHARGE

La constitution d'unités de charge regroupant plusieurs colis qui seront manutentionnés simultanément a pour but d'abaisser le coût des opérations de manutention, donc également de l'ensemble des opérations de transport.

Il faut cependant faire une distinction entre les unités de charge constituées uniquement à l'intérieur d'une gare après déchargement des unités de transport et les unités de charge qui voyagent de bout en bout.

Nous appellerons les premières "unités de charge internes de manutention" et les autres "unités de charge de transport".

Il existe un grand nombre d'unités de charge. On peut cependant les regrouper en deux principaux systèmes : les palettes et les grands containers.

2.1 - les palettes

De 1945 à 1950, la manutention de charges sur palettes se répandit en Europe, en provenance des Etats-Unis. Jusque-là, le déplacement horizontal des objets se faisait sur chariots ou sur convoyeurs à bande. Quant au gerbage, il était très difficile. Toutes ces opérations entraînaient des manipulations d'un grand nombre de colis pour charger et décharger les engins de manutention. L'utilisation de palettes rend maintenant possible la suppression d'une grande partie de ces opérations.

2.1.1. - caractéristiques des palettes

Une palette est essentiellement un support rigide sur lequel sont empilés plusieurs colis qui seront manutentionnés simultanément.

L'ensemble constitué par la palette et son chargement constitue donc une unité de charge. La palette est conçue pour permettre l'introduction de fourches pour leur manutention à l'aide d'un transpalette ou d'un chariot élévateur.

Il existe un grand nombre de tailles différentes pour les palettes. En ce qui concerne les palettes utilisées dans les transports terrestres, leur surface moyenne est voisine d'un mètre carré ; quelques dimensions fréquentes sont les suivantes :

80 x 120 - 100 x 100 - 100 x 120 cms

Les palettes maritimes ont des dimensions sensiblement plus grandes : 120 x 180.

Les "palettes" d'avions sont encore plus grandes, mais elles présentent des caractéristiques qui les rendent inaptes à être utilisées dans les autres modes de transport¹ et ne possèdent pas d'emplacement permettant leur prise par fourche.

2.1.2. - manutention des palettes

La manutention des palettes se fait généralement à l'aide d'un chariot élévateur à fourche ou d'un transpalette. Dans le premier cas, le chariot est automoteur et permet le gerbage. Dans le second, il s'agit d'un engin qui doit être tiré ou poussé et qui ne permet pas le gerbage des palettes.

Les chariots élévateurs classiques permettent un gerbage jusqu'à 5 à 6 mètres. Certains chariots spéciaux récemment conçus atteignent 10 mètres. Au-delà, l'utilisation d'un pont roulant gerbeur ou d'un transtockeur devient nécessaire.

Les charges palettisées peuvent donc être aisément transportées sur de courtes distances à l'intérieur des centres de ruptures de charge, chargées dans les unités de transport où peuvent en principe pénétrer les chariots élévateurs, et stockées en hauteur, soit par empilement (gerbage) si la charge le permet, soit dans des casiers.

./

1) cf. chap. 5

2.1.3. - La palette dans les transports

La palette peut être utilisée soit comme unité de charge interne de manutention, constituée à l'entrée d'un point de rupture de charge et rompue à la sortie, soit comme unité de charge de manutention voyageant pendant toute la durée du transport. L'utilisation d'unités de charge internes de manutention permet à elle seule de diminuer les temps de manutention dans un rapport moyen de 1 à 6. Dans le second cas où les marchandises arrivent et partent sur palettes, même les opérations de chargement et de déchargement de la cargaison se trouvent simplifiées.

Il se pose alors le problème du retour des palettes. En effet, si la palette appartient à l'expéditeur, il faut qu'elle lui revienne après que la marchandise ait été livrée à son destinataire. Cela n'est concevable, sans entraîner un inutile et coûteux retour à vide, que s'il y a entre les deux des courants d'échange réguliers.

Une solution à ce problème serait l'extension à tous les modes de transport du pool de palettes constitué par les utilisateurs des transports ferroviaires de plusieurs pays européens. Les dimensions retenues par l'Union Internationale des Chemins de Fer sont de : 80 x 120 cm.

La généralisation de ce pool au seul mode de transport routier présente déjà bien des difficultés. Tout d'abord, la dimension de 120 cm retenue ne permet de loger deux palettes de front dans les camions dont le gabarit extérieur est limité à 2,50 m, que si les parois et le système des portes ont été spécialement conçus pour cela. D'autre part, on constate plutôt une tendance à la diversification des tailles des palettes, afin de les adapter spécifiquement à tel ou tel type de charges.

Ainsi, par exemple, les palettes qui conviennent le mieux au transport des casiers à bouteilles ont les dimensions suivantes :
84 x 127 ou 96 x 116 ou 116 x 127 cms.

Notons cependant qu'en Suisse le problème a été résolu par une normalisation des bouteilles permettant l'utilisation de casiers eux-mêmes standardisés !

Si le problème de la réalisation d'un pool mixte (rail-route) de palettes est complexe, il est pratiquement sans espoir au niveau des transports maritimes et aériens, en raison de la trop grande spécificité des palettes;

Mais il est fort possible que ce problème devienne un faux problème du fait des progrès réalisés dans le domaine des palettes perdues et de l'emballage.

2.1.4. - Les palettes perdues et l'évolution de l'emballage

L'utilisation de palettes bon marché, mais capables de supporter au moins un voyage complet sans défaillance, jetées en fin de transport constitue en fait la solution idéale au problème de la circulation des palettes.

La normalisation n'est plus alors nécessaire puisque les palettes n'ont plus besoin d'être interchangeables. Une standardisation reste cependant hautement souhaitable afin de constituer une gamme modulaire de palettes adaptées aussi bien aux charges qu'aux véhicules.

Les palettes 80 x 120 normalisées S.N.C.F. coûtent actuellement de 20 à 25 F, une palette perdue de 4 à 8 F suivant la qualité et les dimensions.

Dans le domaine de l'emballage, des techniques nouvelles se développent permettant de constituer rapidement et à un coût relativement modéré des charges unitaires. Ceci peut être réalisé par collage des paquets entre eux ou par enveloppage dans un film plastique qui, se rétractant sous l'action d'une source de chaleur, assure une parfaite cohésion à l'ensemble de la charge. Il est également possible pour certaines charges ainsi constituées de ménager un emplacement pour la prise par fourche, leur conférant ainsi toutes les propriétés des charges palettisées.

2.1.5. - Autres types de charges unitaires apparentées aux palettes

Parmi les moyens de constitution de charges unitaires dont le principe s'apparente à celui de la palette, citons :

- = la caisse palette - qui est une caisse munie à sa partie inférieure du même système de prise que les palettes.
- = la palette roulante
- = le combitainer - qui est une caisse palette dont les montants se démontent afin d'en faciliter le rangement et le transport à vide.
- = le roll combitainer - qui est un combitainer muni de roues et qui ne comporte généralement pas de système permettant la prise par fourches.
- = le container - qui est une caisse métallique non démontable pouvant être prise par des fourches.

2.2 - Les grands containers

Le développement et la généralisation dans le monde entier du transport par containers constitue probablement l'évènement le plus important en matière de transport de ces dernières années.

Le principe n'en est pourtant pas nouveau puisque leurs ancêtres, les cadres, circulaient déjà avant 1930. L'ampleur de leur récent développement semble rendre celui-ci irréversible. Un excellent reflet des préoccupations qu'ils suscitent peut être trouvé dans l'abondante littérature publiée à leur sujet et qui déborde souvent du cadre des revues spécialisées.

2.2.1. - Caractéristiques des containers

Contrairement aux palettes, les grands containers ont très vite fait l'objet d'une normalisation rigoureuse. Le tableau ci-dessous résume les normes retenues par l'Organisation Internationale de Standardisation (I.S.O)

| Désignation I.S.O. | Longueur en pieds | Longueur en mètres | P.T.C. en "Long tons" | P.T.C. en tonnes | Volume intérieur en m ³ |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 1.A | 40' | 12,192 | 30 | 30,480 | 60,7 à 63,8 |
| 1.B. | 30' | 9,125 | 25 | 25,400 | 45,3 à 63,8 |
| 1.C. | 20' | 6,058 | 20 | 20,320 | 30 à 31 |
| 1.D. | 10' | 2,991 | 10 | 10,160 | 14,9 à 15,7 |

Aux containers répondant à ces normes, il faut ajouter ceux également très répandus -40 à 50 % du nombre total des grands containers- utilisés par les Compagnies américaines SEA-LAND et MATSON et dont la longueur est de 35 pieds.

A cette exception, il faut également ajouter celle constituée par les containers utilisés en transport aérien et dont

certaines répondront aux normes I.S.O. quant aux dimensions, mais pas quant aux autres caractéristiques, ce qui en exclut l'usage pour le transport au sol. Ces containers seront étudiés plus en détail au chapitre 5.

2.2.2. - Manutention des containers

De par leur volume et leur poids, les grands containers nécessitent l'utilisation d'engins de manutention particuliers. Nous les examinerons plus en détail dans les chapitres relatifs aux installations portuaires et ferroviaires.

2.2.3. - Frêt containerisable

Outre les avantages présentés par le fait qu'il constitue une unité de charge, le container permet également de diminuer les risques d'avaries et de vols, donc d'alléger les frais d'emballage et d'assurance.

Le fret containerisable est constitué par tous les colis dont les caractéristiques de poids et de volume permettent leur introduction dans un container.

Les normes des poids et volume retenues fixent à 650 Kg/m³ environ la densité de la marchandise idéale. Une marchandise de densité plus grande est cependant admissible, dans la limite de la résistance du plancher du container et moyennant un "bourrage" soigneux du container afin de réaliser un bon "calage" de la charge.

2.2.4. - Les grands containers dans la chaîne des transports

Alors que la palette constitue d'abord une unité de charge de manutention, le grand container apparaît beaucoup

plus comme lié à la cargaison de l'unité de transport. Dans certains cas même, il contiendra la totalité de celle-ci (container sur semi-remorque ou sur wagon).

De part sa conception, le container a vocation pour voyager de bout en bout. Cela ne sera cependant strictement possible que dans le cas de gros envois suffisants à eux seuls pour remplir un container. Lorsqu'il n'en est pas ainsi, c'est un groupeur qui prendra l'initiative de réunir dans un container plusieurs expéditions voyageant vers la même destination.

Le problème du retour se pose de façon encore plus impérative dans ce cas que dans celui de la palette, un container vide occupant la même place qu'un container plein. Il est donc nécessaire de lui assurer un fret de retour.

Cependant, lorsqu'il s'agit, comme c'est très souvent le cas, de transports internationaux, le problème se complique. Prenons, en effet, le cas d'un container américain chargé à NEW-YORK à destination de LILLE et qui ne trouve pas dans cette ville un fret de retour, et supposons qu'il lui faille aller jusqu'à PARIS pour le trouver. Jusqu'à une époque récente, il aurait dû effectuer ce parcours à vide, étant considéré comme importation temporaire en France, en vertu de la Convention Internationale passée en 1956 à Genève et n'ayant pas droit à ce titre de servir pour un transport à l'intérieur des frontières nationales, si ce n'est uniquement pour son retour direct vers les Etats-Unis.

En fait, cette situation gênante a été assouplie puisque dès à présent une série de dispositions sont entrées en application, anticipant par là sur les résultats des travaux préparatoires d'une nouvelle Convention Internationale

prévue pour 1970, et qui permettent en particulier au container d'effectuer à plein un transport dit de "Positionnement". Ce transport doit lui permettre d'emmener du fret à destination de l'endroit le plus proche où il est assuré de trouver un fret de retour.

+ + +

./

III - TRI ET TRANSFERT DES MARCHANDISES

A l'arrivée dans un centre de rupture de charge, les marchandises doivent, après avoir été déchargées, être aiguillées vers leur destination future et acheminées jusqu'au poste de chargement correspondant. Ce transfert peut éventuellement être entrecoupé par un stockage dans un entrepôt commun. Le schéma ci-dessous résume l'ensemble de ces opérations.

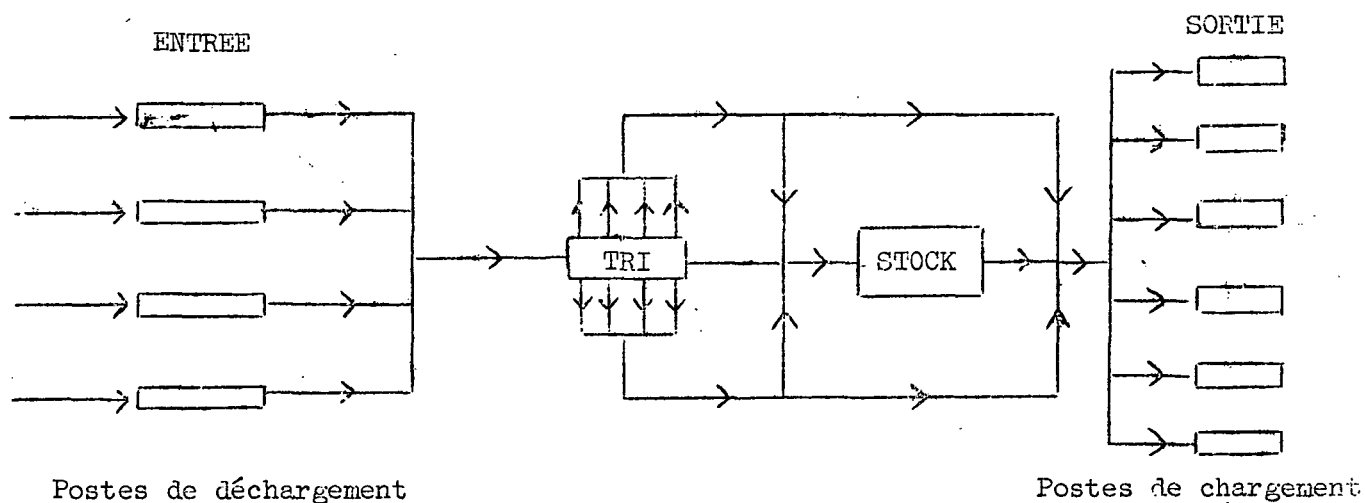


Fig. I

3.1.- Le tri des marchandises

Le tri des marchandises proprement dit peut être décomposé en une succession d'opérations élémentaires :

- = reconnaissance d'un certain caractère lié à chacune des marchandises considérées - dans le cas présent, ce caractère est la destination. Il pourrait éventuellement s'agir du poids, de la taille, etc...
- = regroupement des colis correspondant à une même expédition et contrôle de conformité avec les renseignements portés sur les papiers accompagnant l'envoi (bordereau et récépisés).

= séparation des expéditions correspondant à une même destination.

Notons, d'une part, que le tri peut être fait en cascade, c'est-à-dire que l'on peut séparer les marchandises successivement en fonction de critères différents : par exemple : premier tri correspondant à un regroupement par département, suivi d'un second tri par localité au sein d'un même département.

Notons, d'autre part, que la séparation physique peut éventuellement ne pas être réalisée sur les lieux mêmes de tri, mais seulement à la suite d'un transfert. Il en est ainsi dans certains systèmes de manutentions automatiques où les marchandises circulent dans un même circuit et sont aiguillées vers des zones de stockage ou vers des postes de chargement.

3.1.1.- La reconnaissance de la destination d'une marchandise

Actuellement, cette opération est effectuée uniquement par lecture humaine. Pour qu'il puisse en être autrement, il faudrait que l'on procède au "marquage" du colis, une fois pour toutes, au début de la chaîne de transport et que cette marque puisse être "lue" automatiquement à la réception du colis dans tous les centres de tri successivement rencontrés.

Une telle solution présente encore à l'heure actuelle bien des difficultés, car outre les problèmes d'organisation que soulève cette méthode, la réalisation d'un système de lecture d'une information codée sur un colis de forme quelconque est très délicate.

3.1.2.- Le regroupement des expéditions et la séparation par destination

Une fois reconnue la destination d'une marchandise, il faut d'une part effectuer un contrôle de réception afin de vérifier que les colis reçus correspondent bien à ceux indiqués sur les papiers d'envoi, qu'ils n'ont pas été endommagés et que chaque expédition comporte bien le nombre de colis annoncé, et d'autre part, procéder à la séparation et à l'évacuation des colis par destination.

Ces opérations de manutention peuvent être pratiquées soit manuellement, soit de façon plus ou moins automatique.

3.2.- Le tri manuel des marchandises

Au déchargement, les colis sont contrôlés et regroupés comme indiqué précédemment, toutes ces opérations étant faites à la main ou à l'aide d'un engin mécanique (manutention des colis à la pince par exemple) piloté par un ouvrier.

Le transfert ultérieur des marchandises est généralement fait à l'aide de chariots attelés à un tracteur ou de transpalettes ou chariots à fourche pour des colis mis sur palettes au moment du tri. Bien qu'un tel matériel mécanique soit souvent utilisé et que le transport des marchandises ne soit pas, à proprement parler, fait à la main par coltinage, nous conserverons le terme tri manuel. En effet, même dans les opérations mécanisées de transfert, il y a toujours commande manuelle des engins et ceux-ci sont accompagnés par l'ouvrier qui les utilise.

Le rendement du tri manuel dépend du nombre total des destinations possibles puisqu'il est nécessaire de rechercher dans un lexique le numéro de zone correspondant à chaque destination lue sur les colis. Or, le temps d'accès à un terme d'une liste croît avec le nombre de termes dans la liste.

D'autre part, le rangement des colis par zones entraîne des distances de parcours de plus en plus longues, à mesure qu'augmente le nombre de zones où sont répartis en tas les colis, la surface de tri nécessaire devenant forcément plus grande.

Lorsque le nombre des colis à trier augmente, il devient, à partir d'une certaine limite pratiquement impossible -même en augmentant l'effectif du personnel employé- de pouvoir assurer convenablement le tri dans un temps donné. Cela tient essentiellement au fait que la durée de chaque opération élémentaire se trouve là encore allongée en raison de l'augmentation de la surface nécessaire et, de plus, à ce que le nombre des erreurs de tri devient assez rapidement prohibitif.

3.3.- Tri et transfert automatiques

Les opérations de manutention associées au tri et au transfert des marchandises sont justiciables d'une automatisation qui, à la limite, peut être totale.

Une fois les colis arrivés, il faut attribuer à chacun d'eux une destination dans la gare (poste de chargement correspondant à sa destination géographique). Cette opération peut être réalisée de plusieurs façons :

- = par indexation du colis lui-même, le numéro de code utilisé correspondant à la zone de destination
- = par chargement du colis sur un engin de transfert qui est lui-même indexé
- = par indexation d'une mémoire centrale qui simule le déplacement des charges dans le système et commande les opérations d'aiguillage.

Dans un système à commande manuelle, le numéro de code est lu par le personnel qui aiguille le colis ou l'engin de transport vers la bonne destination.

Dans un système automatisé, le numéro de code est lu automatiquement et le système commande l'aiguillage vers la bonne direction.

3.3.1. - Les systèmes de transfert

Les systèmes de transfert peuvent, suivant le débit nécessaire et les caractéristiques des marchandises à manutentionner, être constitués par des matériels fort différents.

a) il peut tout d'abord s'agir de matériel de même nature que ceux -chariots, transpalettes, tracteurs- commandés manuellement par un pilote, lorsqu'ils font l'objet d'une utilisation classique, mais auxquels on adjoint un système de guidage. Dans le cas des chariots et des transpalettes, il peut s'agir d'une chaîne encastree dans le sol ou aérienne et à laquelle on accroche le véhicule. Dans le cas du tracteur, il s'agira d'un circuit électromagnétique placé dans le sol.

b) les convoyeurs à bandes : ils sont, soit à bande continue -caoutchouc ou métal-, soit à rouleaux. Les colis peuvent être déposés directement sur le convoyeur ou bien par l'intermédiaire d'un plateau - surtout s'il s'agit de rouleaux, ce qui nécessite des objets à base plane. L'entraînement est continu et l'entrée, la sortie et les aiguillages peuvent être automatiques.

c) les convoyeurs aériens à balancelles : les colis sont placés dans des nacelles accrochées à un rail aérien et entraînées par un système approprié.

3.3.2.- Les systèmes d'indexation et de commande

Il s'agit d'"afficher" sur le colis, sur son support ou dans la mémoire centrale d'un système de commande, la destination de l'expédition, de façon à ce que cette information, ainsi mise en mémoire, soit analysée à chaque poste d'aiguillage et que celui-ci soit commandé automatiquement.

Cet affichage et sa mémorisation peuvent être réalisés de plusieurs façons :

= a) Affichage mécanique : un système de butée, de taquet ou d'index, positionné sur le véhicule va, par sélection à l'aide d'une broche de lecture, commander l'orientation de l'aiguillage.

= b) Affichage optique : un ensemble de traits de couleur tracés sur le colis ou sur son support vont être comptés avant chaque poste d'aiguillage par une cellule photoélectrique.

= c) Affichage électromagnétique : Un taquet magnétique ou un système de doublets magnétiques peuvent être placés sur le support du colis, dans le second cas on constitue ainsi des chiffres dans un code binaire.

= d) Affichage en mémoire centrale : un système mécanique, pneumatique ou électronique simule le déplacement de la charge et commande le système de manutention en conséquence.

Dans les trois premiers cas, c'est le colis lui-même qui commande au passage l'ouverture des aiguillages alors que dans le dernier, les charges ne portent aucun repère; toute

l'information est dans une mémoire centrale qui simule en temps réel le déplacement des objets.

Une combinaison de ces deux méthodes peut être faite. Les colis sont marqués, de façon à ce que leur présence puisse être contrôlée et l'information concernant leur position transmise à la mémoire centrale. Il est alors possible, à l'aide d'un ordinateur, de réaliser une optimisation du processus de transfert. On "suit" les objets dans leur déplacement comme à l'aide d'un radar.

3.4. - Rentabilité d'une installation automatique de manutention

La détermination de la rentabilité d'une installation automatique de manutention est un problème complexe car le terme peut recouvrir des réalités différentes et les paramètres déterminants sont très variables et souvent mal connus.

Dans le cas présent du tri et du convoyage, comme d'ailleurs dans celui du stockage qui sera abordé au chapitre suivant, on peut dire :

- = qu'il y a probablement un seuil à partir duquel une installation automatique devient nécessaire pour des raisons physiques.
- = que ce seuil est généralement supérieur au seuil à partir duquel cette installation devient financièrement rentable par rapport à une installation à commande manuelle; mais que ce dernier seuil varie dans de très larges limites suivant les cas.

De façon générale, une installation automatique se justifie en présence d'un débit moyen important affecté par des pointes très élevées.

Dans le cas de très grandes installations, l'asservissement de l'ensemble des manutentions à un système de commande logique, voire à un ordinateur, s'impose. Le passage d'une commande humaine à une commande automatique permet en effet de multiplier le rendement d'une même installation mécanique.

Souvent, l'automatisation du traitement des documents associés aux opérations de transport, de manutention et de stockage, s'avèrera nécessaire avant l'automatisation des opérations physiques. L'asservissement du système logique de commande des manutentions à l'ordinateur de gestion est alors parfaitement envisageable. Ce cas se trouve réalisé dans certains entrepôts de distribution où les commandes reçues sont introduites sous forme de cartes perforées en mémoire de l'ordinateur qui, simultanément, gère l'état du stock et commande les opérations physiques de préparation des commandes.

+ + +

./

| |
|------------------|
| IV - LE STOCKAGE |
|------------------|

Dans les circuits de production et de distribution, l'existence d'un stock a pour but d'assurer un bon ajustement entre des sorties aléatoires (demande) et des entrées continues (production) ou faisant l'objet de passations de commandes. Il est alors en général possible d'optimiser simultanément l'état du stock et le programme de fabrication ou le déclenchement de l'approvisionnement.

Dans la chaîne des transports, au stockage de distribution - régulateur entre l'offre et la demande - vient s'ajouter un stockage inhérent aux opérations de transit et de rupture de charge.

Le problème se présente de façon quelque peu différente suivant que l'on se place en un centre de tri situé en cours de chaîne de transports ou dans une gare terminale.

= Dans un centre de tri intermédiaire, les marchandises arrivent dans des unités de transport et elles doivent être triées après déchargement, puis rechargées dans d'autres unités de transport partant vers des directions différentes. La préparation du chargement demande que soient rassemblées toutes les marchandises arrivant avec la même destination, et que soient constitués des lots correspondant à la capacité des nouvelles unités de transport. Il se produit donc là nécessairement un stockage d'attente. Mais, celui-ci se trouve prolongé du fait que, comme la composition des cargaisons des unités de transport "entrantes" n'est pas connue avant qu'elles ne soient effectivement arrivées, il n'est pas possible de prévoir exactement les besoins en unités "sortantes".

La réception, par télex ou par téléprocessing, des informations relatives à la composition des cargaisons et aux destinations des différentes expéditions, permettrait de préparer les plans de chargement des unités sortantes, avant même l'arrivée des marchandises.

= dans les gares terminales, le même problème se pose quant à la composition des tournées de livraison, mais de plus, la durée du stockage se trouve considérablement allongée, surtout lorsqu'il s'agit de transport international, par les formalités douanières (opérations de contrôle, mais surtout attente et rectification des documents) et par le peu d'empressement mis par certains clients ou transitaires à faire enlever la marchandise.

Dans certaines gares, les fonctions de stockage d'attente et de stockage de distribution tendent de plus en plus à cohabiter.

4.1.- Facteurs influençant le choix d'un système de stockage

Nous n'envisagerons ici que les systèmes de stockage des marchandises diverses "objets et colis" et non ceux des produits en vrac "liquides, poudres et grains".

Parmi les éléments dont dépend le choix d'un système de stockage, citons :

- l'importance du stock moyen
- l'importance des pointes par rapport au stock moyen

Ce problème recevra des solutions différentes suivant que le stockage sera privatif "volume de stockage réservé à un utilisateur ou à une catégorie bien déterminée de colis" ou banalisé "volume de stockage utilisé indifféremment pour toutes les catégories".

Dans le premier cas, le volume total nécessaire est égal à la somme des volumes de pointe, pour chaque catégorie de marchandises. Dans le second, du fait de l'étalement dans le temps, il lui est inférieur.

- la fréquence et la répartition périodique des entrées et des sorties
- les éléments du coût
 - . prix du terrain
 - . coût de la construction
 - . coût du matériel (manutention et stockage)
 - . coût de fonctionnement (personnel - chauffage - éclairage, etc...)

Comme les expéditions sont mises sur palettes ou dans un autre système de charges unitaires - lorsqu'elles n'arrivent pas déjà sous cette forme - à l'entrée du centre de transit, le stockage portera dans une large mesure sur un tel système de charges unitaires.

4.2.- Les différents modes de stockage des charges unitaires

Lorsque le terrain est peu coûteux et que l'on dispose de beaucoup de place, il est possible d'étendre largement l'aire de stockage et d'avoir un stockage pratiquement horizontal. C'est-à-dire, un éparpillement des charges palettisées à la surface du sol ou plus généralement par empilement à faible hauteur.

Un tel système devient cependant vite prohibitif lorsque le volume des marchandises à stocker est important et que l'on se trouve - ce qui est généralement le cas - en zone urbaine ou suburbaine où le prix du terrain est particulièrement élevé. C'est pourquoi il est nécessaire de réduire la surface au sol occupée par l'entrepôt et, pour une même surface, d'augmenter l'aire occupée par le stockage proprement dit.

4.2.1. - Le stockage en hauteur

A volume égal, il est possible de diminuer la surface au sol d'un bâtiment si l'on augmente sa hauteur.

Cette solution peut cependant prendre deux formes très nettement différentes : celle d'un entrepôt à étages et celle d'un entrepôt à casiers empilés en hauteur.

= l'entrepôt à étages réalise, en fait, la superposition d'aires de stockage à hauteur moyenne. Cette méthode présente de très nombreux inconvénients. Elle entraîne un coût de construction très élevé, tout en occasionnant une grande perte de place du fait de la présence de planchers intermédiaires. Elle nécessite un système de monte-charges coûteux et entraîne des circuits d'entrées et de sorties compliqués. Elle ne se justifie, comme système, que lorsqu'une partie du stock est à rotation très lente ou sert de réserve pour un stock actif que l'on installera au rez-de-chaussée.

L'utilisation d'un entrepôt à étages pour le stockage des marchandises en attente de chargement dans une gare apparaît comme pratiquement exclue.

= la solution qui tend à s'imposer actuellement est au contraire celle d'une élévation de la hauteur du stock reposant sur un seul niveau de plancher.

Dans les systèmes classiques, le stockage est réalisé par empilement des charges palettisées sur 3 ou 4 hauteurs, lorsque la nature du produit le permet, ou par introduction dans des casiers, dans le cas contraire. L'utilisation de casiers à palettes devient la règle avec le stockage à grande hauteur, toujours pour éviter l'écrasement des marchandises stockées en bas de pile, mais aussi pour pouvoir retirer ces mêmes marchandises à n'importe quel niveau de la pile, ce qui est impératif dans une gare.

La possibilité d'élever la hauteur de stockage est liée à celle d'utiliser des engins permettant de gerber les palettes de plus en plus haut.

Les chariots élévateurs classiques les plus perfectionnés peuvent atteindre une hauteur de gerbage de 5 à 6 mètres. Ces engins, couramment utilisés, nécessitent une aire d'évolution relativement importante, donc des allées assez larges, ce qui limite la surface réservée aux rangées de casiers. Avec des chariots spéciaux, guidés par des rails situés le long de chaque allée, il est possible de gerber à 10 mètres, tout en diminuant la largeur de l'allée.

Au-delà de cette hauteur, il faut avoir recours à des engins d'un type différent tels que les ponts roulants gerbeurs et surtout les transtockeurs.

Le pont gerbeur résulte de la combinaison d'un pont roulant classique, permettant des déplacements longitudinaux et latéraux, et d'un mât porte-fourche permettant des mouvements verticaux des charges palettisées. Cet appareil permet d'élever la hauteur de stockage jusqu'à une quinzaine de mètres et peut desservir plusieurs rangées.

Il présente cependant l'inconvénient d'une vitesse de déplacement limitée pour éviter les phénomènes d'inertie ; de plus, il nécessite une superstructure importante. C'est pourquoi, pour des hauteurs de stockage identiques et supérieures, un système de transtockeurs sera généralement préféré.

4.2.2. -Le stockage à grande hauteur avec transtockeurs

Cet appareil est conçu spécialement pour la desserte (entrée et sortie) des casiers situés de part et d'autre d'une

allée de largeur réduite. Le transtockeur s'appuie sur la partie supérieure des casiers et se trouve guidé au sol par un rail situé dans l'allée. Dans ce système, le rayonnage lui-même supporte souvent la toiture. Il s'ensuit un gain de place très important et un allègement de la charpente du bâtiment, donc une diminution du coût de construction.

Les hauteurs de stockage permises par un tel système atteignent maintenant près de 30 mètres.

L'utilisation d'un transtockeur peut être différenciée par le type de commande de l'appareil ; celle-ci peut en effet être :

- = effectuée manuellement par un conducteur embarqué à bord d'une cabine fixée à l'appareil. Ce système s'impose lorsqu'il s'agit de prélever à la main des articles et non pas de sortir des palettes entières.
- = semi-automatique : commandée depuis un pupitre situé en bout de rangée. Ce système ne permet que l'entrée et la sortie de palettes entières.
- = complètement automatique : la commande du transtockeur est faite par un système logique à cartes perforées. Ce mode d'utilisation est particulièrement intéressant dans le cas de stocks à rotation rapide.

4.2.3.-Le stockage dynamique

L'utilisation d'un système de stockage desservi par des transtockeurs permet d'utiliser au mieux l'espace

intérieur de l'entrepôt, tout en ayant accès directement à tous les casiers de stockage. Si l'on veut encore gagner de la place, cela n'est plus possible qu'en supprimant un certain nombre d'allées. Ceci conduit à un système de stockage "dense" où les rangées de casiers ne sont plus séparées par des allées, mais sont groupées et forment des "blocs".

L'entrée et la sortie des marchandises peut se faire grâce à un système "dynamique". L'entrée se fait alors par un côté du bloc et la sortie par le côté opposé. Entre les deux, les marchandises cheminent d'un casier à l'autre, soit par gravité, soit par entraînement. Cette méthode respecte parfaitement le principe du "premier entré - premier sorti".

- transfert par gravité : les colis, caisses ou palettes glissent sur des rouleaux disposés en plan incliné. Lorsque les charges sont trop lourdes et la rangée très longue, un système de freinage doit être prévu.

- Inversement, un entraînement des rouleaux par un moteur peut être envisagé, de même que l'utilisation -dans le cas de palettes- d'un petit chariot mobile (transrobot) sur des rails constitués par les poutrelles horizontales constituant le rayonnage, pour transférer les palettes de l'entrée à la sortie.

Le coût élevé du matériel de stockage rend cette technique encore globalement très coûteuse. Ceci en limite l'extension, même dans le domaine de la distribution où elle apparaît particulièrement bien adaptée.

4.3. - Application des méthodes modernes de stockage

L'utilisation de système de stockage à grande hauteur avec transtockeurs asservis à un ordinateur connaît, depuis quelques années, dans le domaine de la distribution, un développement significatif.

Dans les entrepôts de distribution de produits de grande consommation ou les magasins de pièces de rechange, la commande automatique des engins mécaniques d'entrée et de sortie des produits en stock peut être confiée à l'ordinateur chargé d'effectuer la gestion du stock et la préparation des commandes. Dans ce domaine, l'extension de ce type d'entrepôt apparaît très probable.

Cette même technique connaît un début d'application dans le domaine des transports publics, dans les aéroports de marchandises. L'utilisation de cette méthode dans d'autres types de gare apparaît liée à des paramètres qui seront examinés dans chaque cas spécifique.

+ + +

| |
|--|
| V - LES MANUTENTIONS ASSOCIEES AU TRANSPORT AERIEN DES MARCHANDISES |
|--|

Plus encore que le trafic aérien des passagers, celui des marchandises connaît un taux de croissance annuelle exceptionnellement élevé. Exprimé en tonnes-km, le trafic mondial international des marchandises a progressé en moyenne de 19,5 % par an entre 1956 et 1966 contre 16 % pour celui des passagers.

Les prévisions pour la période 1970-1980 laissent espérer en moyenne la poursuite de l'expansion avec un taux de croissance annuelle compris entre 20 et 25 %.

Ces chiffres sont impressionnants. Ils constituent probablement un record en leur genre. Ils ne doivent cependant pas laisser ignorer que le trafic du fret aérien est encore dans une situation précaire. Non seulement, il ne représente qu'une part très faible du trafic total de fret - de l'ordre du millième - mais surtout il se trouve, en ce qui concerne les avions cargos, à la limite du seuil de rentabilité.

Développé initialement comme un fret d'appoint, le transport des marchandises ne procure encore qu'une faible part - de l'ordre de 10 % - de leur recette aux compagnies aériennes.

Parmi les éléments importants constitutifs du prix de revient de la tonne kilométrique, le coût de la manutention représenterait 20% et les opérations administratives et commerciales au moins autant.

Alors que la mise en vente d'avions capables d'emporter de plus en plus de fret tend à abaisser le prix de revient de la tonne-km, la part du coût des opérations de manutention tend à augmenter, puisqu'elle n'était que de 10% il y a dix ans.

Le transport aérien, en général, est soumis à une double pression. D'une part, l'offre de moyens de transport dépend de l'évolution technologique des avions. D'autre part, la demande croît à un rythme rapide. Le transport de fret n'échappe pas à ce phénomène.

Les opérations de manutention et plus généralement la structure des systèmes mis en place dans une aérogare de fret dépendent beaucoup de l'évolution de ces deux facteurs.

5.1. - Evolution des caractéristiques des avions

La période 1970-1975 sera marquée en matière de transport aérien de marchandises par la mise en service de deux appareils susceptibles d'être utilisés en version tout cargo ; le Boeing 747 et le Lockheed L.500

5.1.1. - Le boeing 747

Cet appareil peut, en version passager, emporter 360 personnes avec leurs bagages et environ 15 tonnes de marchandises supplémentaires en soutes ventrales. En version tout fret, sa capacité est de 90 tonnes réparties entre le pont supérieur qui peut recevoir des containers répondant aux normes de dimensions ISO, et les soutes ventrales.

Dans l'une comme dans l'autre version, les soutes ventrales sont équipées pour recevoir des palettes ou des containers spéciaux.

Le Boeing 747 entrera en service progressivement à partir de 1970.

5.1.2. - Le Lockheed L. 500

Cet appareil tout cargo dont la capacité sera de l'ordre de 130 tonnes entrera en service à partir de 1972. Il constituera la version civile de l'appareil militaire Lockheed C.5.A

5.2.- Caractéristiques du fret et des charges unitaires utilisées

5.2.1. - Caractéristiques des expéditions

Les produits transportés par avion sont très divers, mais ils se caractérisent tous par leur valeur au kilog élevée de l'ordre de 75 francs -.

Le poids moyen des expéditions, bien qu'en augmentation sensible, reste faible. Il est actuellement voisin de 70 kg, mais chacune résulte la plupart du temps du groupage de plusieurs colis pesant individuellement en moyenne une dizaine de kilogs. Cette tendance à l'augmentation du poids moyen des expéditions devrait permettre une diminution du coût des manutentions. Cet effet ne sera cependant sensible qu'à très long terme. Le fret aérien reste en effet trop "atomisé", ce qui explique la part élevée des coûts de manutention et des formalités administratives et douanières qui dépendent directement du nombre d'envois manipulés et enregistrés.

5.2.2. - Les charges unitaires

Dans l'avion, les marchandises peuvent voyager de plusieurs façons :

a) en vrac

Les colis sont chargés à la main, un par un, dans la soute de l'avion. Généralement, ils sont hissés à bord de l'avion par un tapis élévateur incliné à bande. Il faut compter qu'il est possible de charger une tonne en dix minutes, ce qui, si l'on tient compte d'une durée de dix minutes neutralisée pour d'autres questions, limite sérieusement la charge embarquée, si l'on veut conserver des temps d'escale raisonnables.

Le bon amortissement des avions nécessite qu'ils soient utilisés au maximum de leur possibilité. Comme pour tous les autres modes de transport, nous retrouverons là la nécessité de diminuer les temps d'immobilisation afin de réduire le prix de revient du transport. C'est pourquoi, si l'on veut pouvoir effectuer des chargements de plus de 5 tonnes avec des temps d'escale de moins d'une heure, il est nécessaire de constituer des unités de charge plus importantes, mais qui ne pourront plus être chargées par tapis élévateur, la charge unitaire admissible étant de 150 kg.

b) les palettes d'avion

Ces palettes sont bien différentes de celles utilisées dans les transports au sol; il faut plutôt les considérer comme des éléments amovibles du plancher de soute des avions. Elles sont d'une épaisseur faible -1,5 à 2,5 cm- souples, et ne comportent aucun système de prise par fourche.

Deux dimensions sont couramment rencontrées :

- 88 x 108 " (2,24 x 2,74 m)

- 88 x 125 " (2,24 x 3,18 m)

L'unité de charge constituée sur ces palettes peut atteindre un poids de 4 tonnes et un volume de 12 m³.

Les palettes d'avions ne peuvent être élinguées et doivent être manutentionnées uniquement sur des rouleaux ou des plans lisses. L'utilisation de tracteurs à fourche n'est donc possible qu'avec l'aide d'un support de palette ("slave palett") dont la face supérieure est garnie de rouleaux.

c) les containers d'avion

Les containers d'avion sont eux aussi très différents de leurs homologues terrestres. Ils ne sont pas standardisés puisqu'ils épousent la forme de la soute de l'appareil auquel ils sont destinés. Ils sont des "éléments de soute" et ne permettent pas le gerbage.

Dans le BOEING 727-200 destiné à remplacer progressivement à AIR FRANCE les avions moyen courrier Caravelle, les containers de soute ont une capacité de 2,2 m³, soit un poids maximum de fret de 725 kg. Mais la densité moyenne du fret aérien n'est cependant que de 160 kg/m³.

Les soutes du BOEING 747 pourront recevoir 15 containers de 9,28 m³ chacun (ou 30 demi-containers de 4,64 m³).

En pont supérieur, le BOEING 747 pourra emporter des containers 8 x 8 de 10, 20, 30 voire 40 pieds. Mais, il s'agira là encore de containers légers réservés exclusivement au transport aérien.

5.3. - Chargement et déchargement des avions

Avant d'étudier l'ensemble des opérations se déroulant à l'intérieur de la gare proprement dite, nous pouvons examiner à part le chargement et le déchargement en piste des avions.

En raison de la diversité des types d'avions utilisés et du fait que les marchandises sont encore dans une large mesure emportées en soute d'avions transportant des passagers, les opérations de chargement et de déchargement doivent être faites en piste. Les marchandises sont donc acheminées, de la gare à l'avion, en vrac ou sous forme d'unités de charge -palettes ou containers- Ce transport se fait généralement sur des chariots spéciaux ou sur bandes à rouleaux.

Pour le chargement proprement dit, la fragilité des fuselages exclut l'emploi d'appareils tels que les grues, les chariots élévateurs pénétrant dans les soutes, etc... La manutention est faite sur plan incliné ou sur plate-forme élévatrice munie de rouleaux. A l'intérieur des soutes, les unités de charge sont déplacées également sur rouleaux ou sur roues pneumatiques.

La diversité des types d'avions empêche la standardisation du matériel et accroît ainsi le coût des manutentions. Pour le Boeing 707, en version cargo, le plancher du pont supérieur est à 3 m du sol ; il sera à 5 m pour le 747. Mais, par contre, il ne sera qu'à 1,50 m pour le Lockheed L.500.

La possibilité de recevoir "à quai" les avions cargos à grande capacité facilite beaucoup les opérations de chargement et de déchargement. Cela nécessite cependant pour la gare de fret, côté pistes, la construction de docks auxquels viendraient accoster les appareils. Un tel système est cependant coûteux puisqu'il doit être conçu pour un avion bien déterminé et qu'il risque d'être vite démodé si l'avion change.

5.4. - La gare de fret

Une gare de fret a pour but de remplir un certain nombre de fonctions, et en particulier de permettre :

- la réception des colis remis à l'expédition
- le tri des expéditions par destination
- le stockage des colis (aussi bien au départ qu'à l'arrivée)
- la préparation des unités de charge
- l'ensemble des opérations administratives afférentes au transport des marchandises.

Les fonctions remplies par la gare de fret sont représentées schématiquement sur la figure n° 2.

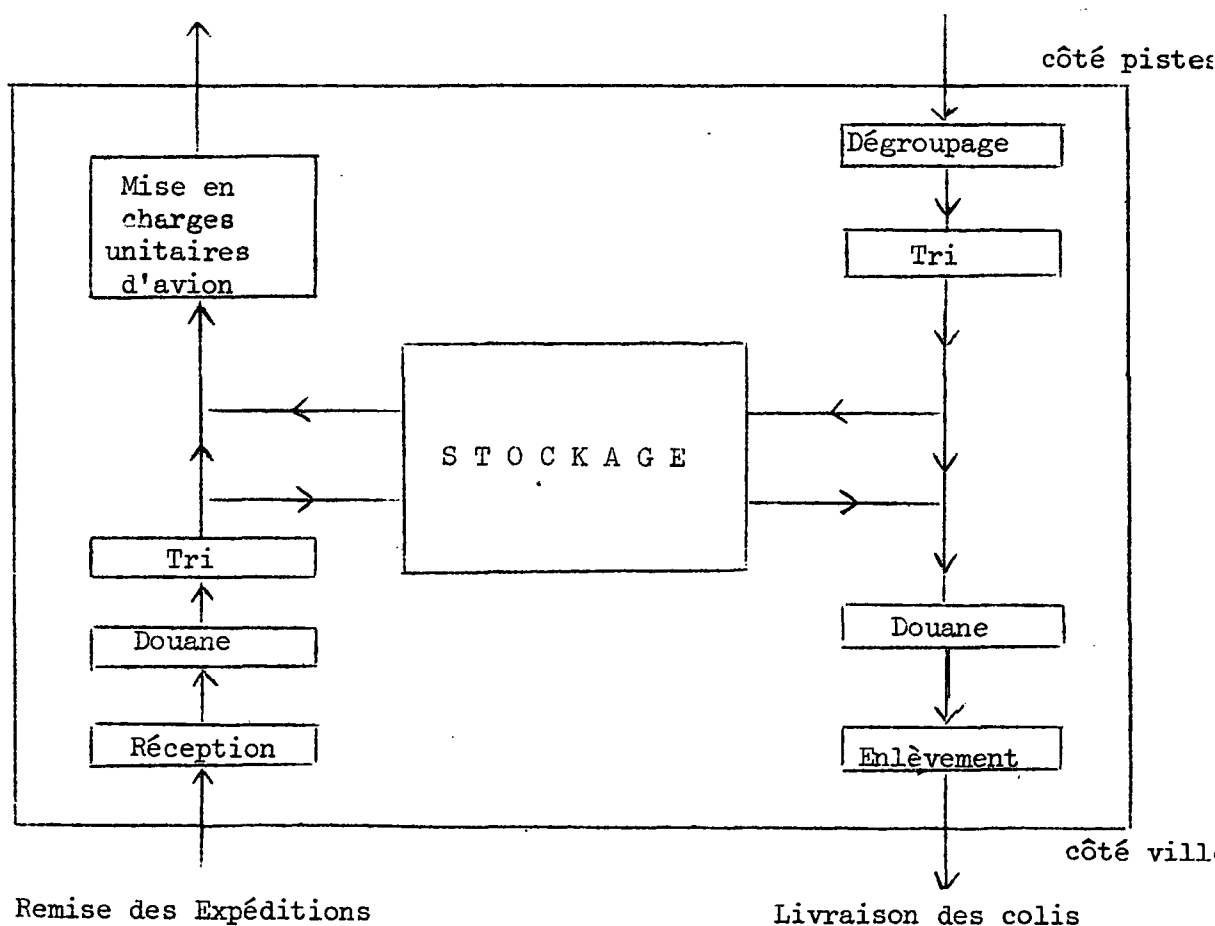


Fig. n° 2

5.4.1.- Les manutentions à l'intérieur de la gare

Les colis doivent subir à l'intérieur de la gare successivement un certain nombre d'opérations symbolisées par le schéma ci-dessus. Entre les zones d'opérations, ils doivent être transportés.

En règle générale, on s'efforce de constituer, dès l'entrée, des unités de charge de manutention qui seront conservées tout le long du circuit, ces unités pouvant être par exemple des palettes ou des chariots. Le transfert de ces unités se fera alors par des convoyeurs.

- convoyeurs à chariots à chaîne encastrée dans le sol - les chariots sont embrayés sur la chaîne qui court de façon continue. Ils sont indexés vers la destination suivante.
- convoyeurs à rouleaux, à plateaux ou à bande.

Seuls les grands colis hors format nécessitent des manutentions spéciales sur palettes au chariot élévateur.

5.4.2.- Le tri des colis

Cette opération peut être faite dès la réception des envois, lorsque ceux-ci présentent individuellement un volume suffisant pour qu'ils puissent constituer une unité de charge de manutention à l'intérieur de la gare (palette - chariot). Celle-ci pourra ensuite être indexée en fonction de sa destination, puis stockée en attendant d'être reprise pour constituer une charge unitaire avion.

Les petites expéditions devront être acheminées vers un centre de tri où elles seront regroupées par destination en charges unitaires identiques aux précédentes

puis dirigées vers la zone de stockage.

Le tri est, dans toutes les grandes gares récemment construites, entièrement automatique. Les systèmes utilisés sont du genre de ceux décrits dans le chapitre spécial consacré uniquement aux opérations de tri.

5.4.3. - Le stockage

Le stockage intervient à l'exportation comme à l'importation. A l'exportation car, bien que les envois ne séjournent pas très longtemps dans la gare, il s'écoule quand même un certain délai entre leur remise par l'expéditeur et leur embarquement à bord d'un avion.

A l'importation où pour des raisons administratives, les marchandises séjournent en moyenne pendant 6 jours dans la gare.

Dans la plupart des grandes gares de fret construites récemment ou actuellement à l'état de projet, le stockage des unités de charge est effectué en hauteur et il est entièrement automatique.

Ainsi, dans le cas de la future gare de fret de la compagnie AIR FRANCE à ORLY, les chariots, constituant les unités de charge intérieures à la gare, seront introduits automatiquement par transtockeur dans les casiers de stockage sur une hauteur de 15,60 mètres.

5.4.4.- L'automatisation des opérations

Sauf en ce qui concerne les opérations portant sur les colis hors format, nécessitant des manutentions particulières, la tendance à l'automatisation de toutes

les opérations de manutention (convoyage, tri, stockage) à l'intérieur des gares de fret aérien est très marquée.

D'un côté, il est attendu de l'automatisation complète une économie sur les coûts. D'un autre côté, une telle installation est en soi très coûteuse, et il semble qu'elle souffre souvent d'une maladie de jeunesse pendant plusieurs mois, voire une année, avant que les personnels et matériels soient parfaitement rodés.

Malgré ce haut degré d'automatisation des opérations, la comparaison entre les rendements enregistrés dans une gare de fret routier et une gare de fret aérien ne joue pas en faveur de cette dernière. Ainsi par exemple, alors que le trafic manutentionné dans une gare routière peut atteindre une tonne/heure et par ouvrier, il ne dépasse pas 0,5 T/h dans l'aérogare. Il y a cependant à cet état de fait plusieurs raisons tenant, en particulier, au morcellement du fret aérien et aux modalités de composition du chargement des avions.

5.5. - Conclusions et perspectives

5.5.1.- Le transport aérien : mode de transport à grande vitesse

L'argument majeur avancé sur le plan commercial en faveur du transport aérien des marchandises est sa rapidité. Si l'on prend en compte, en effet, l'ensemble des avantages ainsi offerts, tels que : économie de volume et de rotation des stocks et des capitaux, souplesse de vente et de commande, suppression éventuelle d'entrepôts de distribution, limitation des risques de dépréciation des marchandises, etc..., on aboutit bien dans de nombreux cas à une réduction effective des coûts de distribution.

La possibilité de réduire également les frais d'emballage, du fait que les marchandises sont transportées et manutentionnées dans des conditions de "confort" bien meilleures que dans les autres modes de transport, ne doit cependant pas faire oublier que, dans les transports terminaux, un emballage trop sommaire risque de s'avérer insuffisant.

Pour que l'avantage principal offert par le transport aérien joue à plein, il faut que la réduction du temps total de livraison soit effective et que le coût du transport ne soit pas prohibitif.

Or, il apparaît que le gain de temps réalisé par l'avion est largement grevé par la durée, comparativement fort longue, de séjour des marchandises à l'arrivée dans la gare de fret - 6 jours en moyenne - Cette durée est imputable à trois causes :

- les délais de transmission des documents
- la lenteur des opérations administratives et douanières
- les retards de la clientèle elle-même ou de ses mandatés.

Il s'ensuit un stockage coûteux qui grève le prix de revient du transport.

Un projet¹ est en cours d'étude actuellement. Il tend à permettre la réalisation de toutes les opérations administratives et douanières sur ordinateur, d'une gare à une autre, par téléprocessing.

1. Il s'agit du projet S O F I A (Système Ordinateur du Fret International Aérien)

L'ensemble de ces formalités pourraient donc théoriquement être réalisées, si ce système se généralisait, avant même l'arrivée de l'avion contenant le fret.

Toute la structure de la gare de fret pourrait s'en trouver modifiée du fait de la simplification des circuits et de la diminution de l'importance de la fonction stockage.

5.5.2. - Le transport aérien : élément de la chaîne des transports

Le transport aérien permet d'aller plus loin beaucoup plus vite. Mais, il ne supprime pas, et en fait il accentue, le problème des ruptures de charge.

Alors que tous les autres modes de transport ont développé un système de charges (palettes - containers) permettant de réduire les opérations de manutention aux points de transit en supprimant dans certains cas des ruptures de charges, le transport du fret aérien échappe à cette règle.

Les charges unitaires qu'il utilise lui sont propres et ne sont pas adaptées aux autres modes de transport. Les containers d'avion ne peuvent pas être manutentionnés par les engins classiques utilisés dans les transports terrestres, d'autre part et surtout, leur faible densité de chargement les rend peu intéressants en transport au sol. Inversement, les containers classiques qui pourront théoriquement être embarqués sur les cargos gros porteurs à venir, sont pénalisés par leur poids propre excessif et par la nécessité de les charger bien en dessous de leur capacité théorique.

Enfin, l'intérêt d'un transport bout en bout par container intermodal n'apparaît pas encore de façon évidente.

Etant donné l'insuffisance du trafic actuel, il n'y a, en effet, pratiquement que fort peu d'expéditions atteignant par elles-mêmes la taille nécessaire pour remplir un container, même si elles résultent d'un groupage.

Cependant, il n'est pas exclu de penser que, si cette solution ne peut être valablement retenue pour la période 1970-75, elle ~~ne~~ constitue ~~pas~~ au contraire une solution rentable pour la période 1975-85.

+ + +

| |
|--|
| VI - LES MANUTENTIONS DANS LE TRANSPORT FERROVIAIRE DES MARCHANDISES |
|--|

Contrairement aux autres modes de transport qui connaissent en général une expansion très marquée, le trafic ferroviaire est stable dans son ensemble.

Ce trafic se décompose, en ce qui concerne le fret, en trois grandes catégories correspondant à des conditions d'acheminement différentes :

- = les bagages et les colis express
- = les autres colis de détail
- = les marchandises - vrac ou grosses unités - en wagons complets
ou en containers.

6.1. - La manutention des bagages et des colis express

Seuls les bagages enregistrés au plus tard la veille d'un départ et voyageant comme "bagages accompagnés" sont pris en charge par la SNCF. Ces bagages et les colis express obéissent aux mêmes règles d'acheminement.

Aucune solution n'est envisagée qui permettrait aux voyageurs de se débarrasser de leurs bagages à un poste d'enregistrement, quelques minutes seulement avant le départ d'un train, comme c'est la règle dans les transports aériens.

Cette méthode n'irait pas sans poser de sérieux problèmes dont on peut se faire une idée à la vue des installations de tri et de convoyage des bagages prévues dans les aéroports destinés à recevoir simultanément plusieurs avions à grande capacité, tels que les BOEING 747 emmenant de 360 à 450 passagers, ce qui reste d'ailleurs inférieur aux capacités moyennes des trains.

La structure actuelle des gares ne se prêterait pas sans de profondes modifications à une solution de ce genre.

Bien que limitée aux seuls bagages actuellement enregistrés, aux colis express et à la "poste", la circulation du fret dans les gares de voyageurs pose des problèmes qui n'ont pas reçu de solutions satisfaisantes. Fret et voyageurs empruntent les mêmes circuits, ce qui aboutit, aux heures de pointe, à rendre encore plus délicate la circulation des piétons embarrassés de leurs bagages. Les colis sont, en effet, transférés du lieu de dépôt jusqu'aux fourgons, sur des petits chariots tirés par un tracteur circulant dans les halls et sur les quais des gares au milieu des passagers.

La seule amélioration envisagée pour l'instant ne porte pas sur le transfert proprement dit, mais sur les opérations de chargement et de déchargement des fourgons. Elle consiste à substituer au chargement manuel des colis, un par un, une introduction de chaque chariot avec son chargement dans le fourgon à l'aide d'un tracteur muni d'un système de fourche et de plate-forme. Le chariot constituera alors une charge unitaire de transport.

6.2. - Les autres colis de détail

Alors que les bagages n'ont pratiquement pas à subir d'opérations de tri intermédiaire, il n'en est plus de même avec les autres colis de détail qui, groupés en wagons complets, nécessitent des opérations de tri effectuées dans des centres de transbordement.

Le nombre de ces centres de tri, actuellement de 13, devrait décroître jusqu'à 8 dans les années à venir. Les principaux centres sont mécanisés. Les colis sont déchargés des wagons et posés sur une bande transporteuse rectiligne puis repris sur cette bande et groupés par destination dans des chariots. Le débit atteint est de 25 tonnes-heure.

Etant donné la stagnation de ce trafic, aucun problème important ne devrait se poser en ce qui concerne les centres de tri.

Les opérations de collecte et de livraison des colis effectuées par camionnage dans les zones desservies à partir des G.C.D (gares de concentration de détail) s'apparentent beaucoup aux opérations réalisées par les gares routières et seront traitées comme telles dans le chapitre suivant.

6.3. - Transport par wagons complets ou containers

L'essentiel du trafic marchandises de la SNCF est cependant constitué par le transport des marchandises -généralement vrac : liquides, minerais, farines, etc... ou gros matériel- en wagons complets, le chargement de chaque wagon étant constitué par une seule expédition.

Ces expéditions se font à partir d'une gare ou d'un embranchement particulier jusqu'à une autre gare ou un autre embranchement particulier.

Les seuls problèmes de tri susceptibles de se poser ne portent plus sur les marchandises contenues dans les wagons, mais sur les wagons eux-mêmes.

Dans le domaine du transport ferroviaire, l'évènement principal est sans doute, là aussi, constitué par le développement de l'utilisation des containers.

Les problèmes de manutention posés sont donc bien différents suivant qu'il s'agit de marchandises transportées en wagons ou en containers.

6.3.1. - Les opérations de chargement et de déchargement des wagons.

Ces opérations sont effectuées, soit par les destinataires eux-mêmes, soit par des entreprises de manutention, concessionnaires de ce service dans les gares.

La S.N.C.F. a entrepris, à partir de 1965, une campagne d'information, baptisée "opération Archimède", auprès de ses agents et des utilisateurs pour faire connaître les matériels les mieux adaptés aux problèmes de chargement, suivant la nature des produits transportés. Cette campagne a pour but de diminuer le temps des opérations terminales, dans les gares ou aux "embranchements" et, par conséquent, de permettre une meilleure utilisation des wagons.

6.3.2. - Le transport par containers

Les containers devraient être un facteur d'évolution important pour le transport ferroviaire. L'impossibilité de trier à la bosse les wagons classiques chargés de containers devrait contribuer à accentuer la spécialisation du rail pour la desserte de grands axes par des trains-blocs, les parcours terminaux étant effectués sur camions ou sur semi-remorques.

Les problèmes posés par la manutention des containers se limitent au chargement et au déchargement des trains et au transbordement du container sur un véhicule routier. Ces opérations seront réalisées dans des chantiers de transbordement où des portiques, d'une capacité de charge de 40 tonnes, enjambent deux voies ferrées, une voie routière et un terre-plein de stockage. Le terre-plein permet le stockage des containers attendant d'être évacués par la route. Une aire de stockage indépendante pour

containers vides pourrait être envisagée, ainsi que des engins du type chariots cavaliers capables de déplacer et de gerber les containers.

6.4. - Conclusions

Trois points retiennent plus particulièrement l'attention :

= la conception des gares de voyageurs sur le plan de la circulation des bagages -qu'ils soient aux mains des passagers ou qu'ils aient été remis à un poste d'enregistrement- et du fret en général, mais aussi sur celui de la circulation des passagers eux-mêmes. Le transfert des bagages par un réseau de convoyeurs souterrains ainsi que l'installation de bandes transporteuses pour passagers ne sont pas des solutions impraticables dans certains cas.

= le développement urbain peut entraîner une redistribution des centres de groupage - dégroupage (G.C.D.) de la S.N.C.F. ou leur exploitation en commun avec des gares routières desservant également des gares aériennes de fret.

= l'évolution du trafic containerisé reste la grande inconnue; son incidence portera surtout sur le nombre et la capacité des centres de transbordement à implanter.

+ + +

./

| |
|---------------------------|
| VII - LES GARES ROUTIERES |
|---------------------------|

7.1 - Introduction

Le transport routier est utilisé soit pour le transport en camions complets de produits en vrac ou conditionnés, acheminés directement de l'expéditeur au destinataire, soit pour le transport de plusieurs expéditions regroupées à bord d'un même camion.

Le groupage des expéditions entraîne l'existence de gares routières dont la fonction principale est d'être un centre de tri. Ce centre peut cependant être situé à des niveaux différents dans la chaîne des transports. En milieu de chaîne, il s'agit d'assurer le transbordement des marchandises d'une unité de transport routier à longue distance sur une autre unité de transport routier à longue distance. En bout de chaîne, il s'agit d'assurer la collecte et la livraison des marchandises, généralement en zone urbaine.

Cette fonction de transport terminal peut d'ailleurs être exercée à la suite d'un transport ferroviaire, aérien ou naval, aussi bien que routier. Mis à part les embranchements ferroviaires pénétrant jusque dans les usines et les usines construites au bord de l'eau sur un port, le camion est à l'heure actuelle le seul moyen d'acheminer les marchandises jusqu'à l'utilisateur même.

En zone urbaine, la fonction de centre d'éclatement et de desserte locale domine dans la gare routière, mais la fonction transit n'en est jamais totalement exclue. On peut très bien à la limite envisager des gares presque exclusivement de transit, implantées en rase campagne.

Le rôle de centre d'éclatement et de desserte locale joué en zone urbaine par les gares routières tient essentiellement aux difficultés de

circulation et de stationnement rencontrées dans les agglomérations. Le camion qui aborde l'agglomération parisienne, avec parfois à son bord plusieurs centaines d'expéditions pour des destinataires répartis dans toute l'agglomération, aurait à effectuer une tournée de livraison extrêmement longue dans des conditions de circulation fort pénibles.

Le passage par une gare routière augmente le coût du transport d'une quantité égale à celui de la rupture de charge qui s'y produit, mais il est probable que cette augmentation est plus que compensée par une diminution du coût de la livraison "en ville". Le regroupement des expéditions par quartier permet en effet de constituer des tournées de livraison beaucoup plus denses et d'utiliser des moyens de transport mieux adaptés à la circulation et au stationnement en milieu urbain.

A ces avantages, perceptibles ou non au niveau des utilisateurs de la gare, viennent s'ajouter des avantages collectifs - non encore comptabilisés. Il s'agit de la réduction de la gêne à la circulation occasionnée par les poids lourds effectuant de longs trajets dans les villes.

Sur le plan des opérations de manutention réalisées à l'intérieur d'une gare routière, on rencontre la même succession de fonctions que dans la plupart des autres centres de rupture de charge situés dans la chaîne des transports.

7.2. - Les opérations de chargement et de déchargement des camions

Le chargement d'un camion arrivant dans une gare routière résulte du groupage de plusieurs expéditions. Les marchandises se présentent la plupart du temps sous forme d'objets ou de colis individuels et rarement sous forme d'unités de charge.

Le déchargement ne peut donc être réalisé qu'à la main ou à l'aide de transpalettes, après mise sur palettes des colis. Dans ce deuxième cas, l'opération comporte encore une large part de manipulations.

Ces opérations ne semblent pas devoir beaucoup évoluer dans le futur, sauf en ce qui concerne le développement des containers de groupage qui pourront être très facilement déchargés du camion ou de la semi-remorque et vidés ensuite.

En ce qui concerne le chargement, lorsque les marchandises ont été mises sur palettes pour les besoins des opérations de manutention à l'intérieur de la gare, les opérations sont symétriques des précédentes. Les palettes peuvent être introduites dans le camion par des chariots élévateurs. Dans le cas des petites camionnettes de livraison, les chariots ne peuvent pas toujours pénétrer dans la camionnette. Les palettes sont ensuite déchargées dans le camion.

Ces opérations de chargement pourraient être considérablement améliorées par l'utilisation de palettes d'un type analogue à celui des palettes d'avion, ce qui permettrait de charger en une seule fois toute la cargaison d'une camionnette.

7.3. - Contrôle, tri et transfert des marchandises

Lors du déchargement d'un camion, les colis reçus sont pointés afin de vérifier la conformité du chargement et de chaque expédition avec les indications portées sur le bordereau et les récépissés d'envois. Les expéditions sont ensuite regroupées par zone de livraison, ou de destination s'il s'agit d'un transit.

Le transfert vers les zones de chargement est fait à l'aide de transpalettes, de chariots élévateurs, de chariots tirés par un tracteur ou dans quelques cas rares par un système du type convoyeur à chaîne enterrée.

L'utilisation de systèmes hautement automatisés n'est possible que lorsque les dimensions des colis s'y prêtent, ce qui n'est peut-être pas le cas dans les gares routières qui reçoivent des objets les plus divers. Il est probable cependant que, à partir d'un certain tonnage de trafic transitant par la gare, une automatisation portant au moins sur une partie des marchandises doit être envisagée.

7.4.- Le stockage

Les marchandises transitant par une gare routière, sauf lorsqu'il s'agit d'une gare internationale, restent généralement au plus une demi-journée dans la gare. L'initiative de l'enlèvement des colis n'est en effet pas laissée au destinataire ou à son mandaté, mais la livraison est effectuée immédiatement par les soins des exploitants de la gare ou par des transporteurs spécialement chargés de ce service. Le temps de stockage des marchandises est donc généralement de l'ordre de quelques heures, c'est-à-dire comparable aux délais enregistrés à l'exportation dans les gares aériennes. Contrairement à ce qui se passe dans les versions les plus automatisées de ces dernières, le stockage dans les gares routières est extrêmement simplifié. Il se limite en général à un stockage horizontal à proximité des zones de chargement par destinations.

Signalons, cependant, que dans les gares routières publiques - c'est-à-dire ouvertes à tous les transporteurs - tend à se développer une fonction entreposage. A la gare routière proprement dite

est juxtaposé un entrepôt public qui peut être utilisé soit sous forme banale, soit sous forme de cellules privatives louées à des sociétés particulières. Ces entrepôts publics jouent donc pour les utilisateurs le rôle d'entrepôts de distribution.

Il n'est pas exclu que les systèmes d'entreposage modernes précédemment envisagés - automatique, à grande hauteur, dynamique - puissent être appliqués dans le cadre des entrepôts publics et du stockage d'attente dans les gares routières.

7.5.- Conclusions

Jusqu'à une époque récente, les gares routières existantes étaient la propriété de transporteurs qui les exploitaient pour leur compte personnel dans le cadre de leurs activités de transport. Seules, donc, transitent par ces gares les marchandises acheminées par la flotte de camions du transporteur. Il s'ensuit que la répartition des arrivées de camions peut être bien mieux prévue et organisée que dans le cas des gares routières publiques nouvellement créées.

Ouvertes à tous les transporteurs, les gares publiques connaissent actuellement de graves difficultés dues en particulier au fait qu'il leur est très difficile d'organiser convenablement les opérations de manutention et de préparation des tournées de livraison en présence d'une répartition des arrivées toujours fluctuante et d'une grande dispersion des tailles des colis, le fret jugé le plus encombrant étant abandonné par les transporteurs aux soins des gares routières publiques.

Il est possible que les difficultés d'organisation rencontrées par les seules gares publiques actuellement en service ne soient pas

de nature à encourager les initiatives dans ce domaine. Un jugement trop hâtif à ce sujet serait dangereux. Il est très probable que les difficultés rencontrées sur le plan de la rentabilité soient liées au fait que les services rendus à la collectivité par ce type de gare routière ne sont pas tous comptabilisés.

S'il en est réellement ainsi, la collectivité devra trouver le moyen de transférer tout ou partie du gain collectif obtenu aux agents économiques les permettant (gares privées ou publiques, centres de distribution, etc...) Le transfert pourra s'envisager soit directement (subventions, réalisations d'infrastructures, etc...), soit indirectement (taxes frappant les autres moyens de distribution, mesures réglementaires sur la circulation).

Il est possible aussi que les systèmes actuellement existants ou en projet ne soient pas les meilleurs possibles du point de vue des gains collectifs, ni du point de vue de leur fonctionnement technique, dans le cadre de l'urbanisation actuelle ou dans celui prévisible dans les prochaines années.

Enfin, l'évolution des techniques de vente (supermarché, etc...) peut amener des transformations importantes dans le volume des livraisons individuelles, influant ainsi sur la nature même du problème à résoudre par les différents systèmes possibles de gares.

L'inefficacité probable du système actuel de distribution urbaine dans les prochaines années et la complexité du problème justifient de nombreuses études et expérimentations.

+ + +

| |
|------------------------------------|
| VIII - LES MANUTENTIONS PORTUAIRES |
|------------------------------------|

8.1. - Introduction

Les ports constituent des centres de transit particulièrement importants dans la chaîne des transports, étant donné l'ampleur du tonnage qui y est transbordé.

Ce tonnage se répartit, cependant, très inégalement entre les différentes marchandises, puisque les trois quarts de ce tonnage sont souvent constitués par des hydrocarbures et que les autres produits en vrac représentent encore près de la moitié du reste, ne laissant aux marchandises diverses qu'un tonnage plus modeste. C'est cependant - comme dans tous les autres modes de transport - ce genre de fret qui pose les problèmes de manutention les plus délicats.

L'évolution des opérations de manutention est largement conditionnée par celle des navires et celle des unités de charges utilisées.

8.2. - Evolution des navires

En l'espace de dix ans, les transports maritimes ont connu une évolution des caractéristiques et des performances des unités de transport qui reste pour l'instant sans pareil dans les autres modes de transport. Cette évolution se caractérise essentiellement par :

= une augmentation de la capacité de chargement des navires.
C'est, dans certains cas, l'aspect le plus spectaculaire de l'accroissement des performances.

= une augmentation de la vitesse des navires.

= une meilleure conception des systèmes de transport et de manutention des marchandises, permettant des cadences de chargement et de déchargement nettement supérieures.

8.2.1. - Navires spécialisés dans le transport des produits en vrac

a) pétroliers : c'est pour cette catégorie de navires que les progrès ont été les plus sensibles, puisque en l'espace de vingt ans les capacités ont été multipliées par 10 et que d'ici trois ans ce chiffre aura doublé. Les débits horaires de déchargement escomptés pour les pétroliers de plus de 200 000 tonnes sont de l'ordre des capacités de port en lourd des navires d'il y a vingt ans (10 à 15 000 tonnes). Ces navires bénéficient d'une automatisation très poussée.

b) Marchandises en vrac : En ce qui concerne les pondéreux, les tonnages atteints, bien qu'en nette augmentation, restent inférieurs (60 à 80 000 tonnes de port en lourd) à ceux des navires pétroliers. Ceci s'explique par la différence d'importance entre les deux sortes de trafic. Des navires minéraliers de taille comparable à celle des pétroliers ne pourraient être remplis et utilisés dans des conditions optimales.

8.2.2. - Navires de transport des marchandises diverses

Bien que plus lente, une évolution très nette est cependant survenue récemment en ce qui concerne le transport des marchandises diverses. Cette évolution se caractérise de deux façons différentes :

= d'une part, par une amélioration des caractéristiques des navires classiques de général cargo.

= d'autre part, par l'apparition ou l'extension du nombre de navires spécialisés, tels que les navires roll on-roll off, porte-containers ou porte-barges.

a) les cargos classiques : les principales améliorations apportées concernent la conception des cales et les moyens de manutention à bord. Nous reviendrons ultérieurement sur ce deuxième point. La tendance récente a été, tout d'abord, de réaliser des cales à planchers renforcés et à parois verticales, permettant l'utilisation de transpalettes et de chariots à fourche pour les opérations de manutentions horizontales à bord - plus récemment encore d'élargir ou de multiplier le nombre des panneaux de cales afin de permettre aux engins de levage d'accéder directement presque en tous les points de la cale, ce qui tend à diminuer l'importance des manutentions horizontales quand ce n'est pas à les supprimer totalement.

Ces modifications augmentent le coût du navire, mais elles ont pour effet d'accroître -jusqu'à la doubler parfois- la vitesse de déchargement de la cargaison.

b) Navires roll on - roll off : ces navires réalisent la mise en application de deux principes importants du transport et de la manutention :

. la suppression des ruptures de charge, puisqu'ils sont destinés au transport des voitures, des camions chargés ou des semi-remorques. L'unité de charge, camion ou container sur semi-remorque, devient unité de transport dès son déchargement à terre, sauf s'il s'agit de semi-remorques uniquement "maritimes", chargées et déchargées au port.

. la suppression des opérations de manutention verticales, puisque un système de rampes fixes ou mobiles permet aux véhicules de monter à bord et, à l'intérieur, de passer d'un pont à l'autre.

Lorsque le navire est chargé de semi-remorques portant des containers, ce type de navire s'apparente aux navires porte-containers.

c) Navires porte-containers

Initialement, il s'agissait de cargos classiques spécialement aménagés pour permettre le transport des containers. Devant le développement de ce mode de transport, des navires spécialisés ont été récemment étudiés et mis au point. Il en existe déjà un grand nombre en service et plusieurs dizaines sont en chantier.

Les navires porte-containers sont dotés de grandes cales desservies par des écoutilles permettant de descendre le container directement à sa place. Les containers peuvent être placés en cales, en entrepont et également en pontée.

La capacité de ces navires va de quelques dizaines ou centaines à plus de 1 000 containers de 25 tonnes.

d) Navires porte-barges

Le premier navire porte-barges entrera en service dans quelques mois ; il devrait être suivi rapidement de plusieurs autres. Ces navires, d'un port en lourd supérieur à 20 000 tonnes, pourraient transporter une cinquantaine de barges d'environ 400 tonnes. Leurs dimensions correspondraient à celles des navires de 40 000 tonnes de port en lourd, du fait des grandes pertes de volume dues aux

barges elles-mêmes et aux systèmes de manutention à bord.

8.3. - Les marchandises diverses et les unités de charge

En ce qui concerne les produits en vrac, il n'est généralement pas question de charges unitaires, encore que la mise en barges ne doive pas être exclue à priori dans certains cas et qu'il y ait des containers spécialisés (vin, produits chimiques, etc...)

L'utilisation d'unités de charge pour les marchandises diverses constitue en matière de manutentions portuaires, comme pour les autres modes de transport, le principal facteur d'amélioration des rendements.

8.3.1. - Les palettes

L'utilisation de palettes pour constituer des charges unitaires "portuaires", c'est-à-dire constituées dans les entrepôts et défaites une fois chargées sur le navire, ou inversement au déchargement, permet d'effectuer les différentes opérations de chargement et de transfert dans le port beaucoup plus vite. Les palettes utilisées, de dimensions 120 x 180 cm sont particulières aux manutentions portuaires. Elles peuvent être chargées jusqu'à 2 tonnes. Des palettes plus importantes pouvant recevoir 3 tonnes de charge sont essayées par certaines compagnies.

Il s'agit là d'unités de charge uniquement de manutention. Certaines compagnies de transport, comme l'armement Fred Olsen, se font cependant les champions de l'utilisation des palettes pour le transport. Celui-ci est effectué à bord de navires spécialement conçus pour recevoir des charges palettisées.

Un système de portes latérales dans le navire permet l'introduction des palettes à l'aide de chariots élévateurs - un à quai, un à bord - les charges circulent ensuite d'un pont à l'autre selon le même principe.

Les pertes de volume, de l'ordre de 15% pour les navires spécialement conçus pour le transport des palettes, sont cependant à peine compensées par les gains réalisés sur le rendement des opérations de chargement et de déchargement.

8.3.2.- Les containers

Les principales caractéristiques des containers utilisés dans les transports au sol - aussi bien terrestres que maritimes - ont déjà été exposées. Nous reviendrons ultérieurement sur les problèmes de manutention qu'ils posent.

8.3.3.- Camions et semi-remorques

Les semi-remorques et les camions chargés, embarqués à bord des navires du type roll on - roll off, constituent, pendant leur séjour à bord, des unités de charge. La perte de volume qu'entraîne cette méthode de transport ne permet cependant encore son utilisation que sur des parcours relativement courts pour lesquels le coût des ruptures de charge est important par rapport à celui du transport proprement dit.

8.3.4.- Les barges

Les barges peuvent être considérées comme des containers géants flottants. Elles peuvent être mises à l'eau par le navire en rade, ce qui contribue à accélérer les rotations de celui-ci et simplifie l'équipement des quais.

Une fois à l'eau, les barges peuvent, soit être déchargées à quai dans le port, soit remonter en convois les rivières, lorsque le port est situé à l'embouchure d'un fleuve

Les barges utilisées dans le système LASH (cf. ci-dessous) de chargement-déchargement, qui équipera les prochains navires mis en service, ont une capacité variant entre 200 et 400 tonnes. Dans le système SEABEE également à l'étude, la capacité peut atteindre 1 000 à 2 000 tonnes.

Leur utilisation comme barges de mer, en convois poussés ou tractés, pour le cabotage le long des côtes, pose encore un grand nombre de problèmes.

8.4.- Les opérations de manutention

Ces opérations se décomposent en opérations de chargement et de déchargement des navires, de transfert sur les quais et à l'intérieur du port, de stockage et de réexpédition sur d'autres modes de transport.

8.4.1.- Chargement et déchargement des navires

Ces opérations font appel à des moyens nettement différents, selon qu'il s'agit de produits en vrac -liquides, poudres et grains- ou de marchandises diverses.

a) produits en vrac

. les liquides (il s'agit presque en totalité d'hydrocarbures)
Le chargement se fait à l'aide de pompes situées à terre. Le déchargement est effectué avec des pompes installées sur le navire. Les débits moyens actuellement enregistrés sont de

l'ordre de 500 à 4 000 tonnes/heure, mais pourront pratiquement être beaucoup plus importants.

. les poudres et les grains (farines, céréales, etc...)

Le chargement est fait par déversement des produits amenés à l'aplomb de la cale par un tapis roulant. Le déchargement peut être effectué, soit à l'aide de bennes ou d'engins SKT (il s'agit de bandes munies de raclettes qui entraînent de façon continue les produits pulvérulents ou en grains).

Les rendements moyens enregistrés varient suivant la densité des produits et la taille et la structure du navire. Ils sont de l'ordre de 500 T/h pour les portiques et de 300 T/h pour les grues.

Pour les engins à fonctionnement continu, ils sont de 150 à 200 T/h par bande.

. les pondéreux en vrac (charbon - minerais)

Le chargement se fait au tapis roulant et le déchargement à la benne.

Une technique récemment expérimentée pour du minerai de fer consiste à broyer le minerai et à le mélanger à 20% d'eau et à traiter ce mélange comme un liquide.

L'utilisation de roues-pelles, jusque-là employées pour charger ou décharger des péniches, est envisagée pour le déchargement des pondéreux. Le débit dépasserait alors 1 000 T/h.

b) Marchandises diverses

Cette catégorie de fret pose les problèmes de manutention les plus délicats et supporte les coûts les plus élevés. Les rendements observés varient suivant la forme des objets. Ils varient considérablement lorsque les marchandises sont mises sous forme d'unités de charge.

Les colis

Chargement et déchargement se font par constitution de palanquées -colis placés dans un filet ou sur une palette, élingués à une grue ou un mat de charge.-

Pour des charge: quelconques, les rendements moyens par grue sont de l'ordre de 15 T/h et ne dépassent pas 20T/h. Pour des produits en sacs, ils varient entre 25 et 40 T/H.

Les appareils de levage utilisés peuvent être soit des grues de quais, soit des mats de charge ou des grues de bord, soit encore des portiques de bord du type "magromatic" dont les cadences sont deux fois plus rapides.

Le transport sur palettes

Lorsque le chargement s'effectue sur des navires non spécialisés, par un système d'écotilles, les cadences enregistrées avec des grues sont de l'ordre de 30 à 40 T/h. Avec les navires spécialisés, chargés au chariot élévateur par des portes latérales, les cadences moyennes sont de 100 T/h par porte.

Les containers

Les premiers navires porte-containers étaient équipés de portiques de chargement. Cette solution est maintenant abandonnée au profit des grues et surtout de portiques de quai d'une capacité de 40 tonnes et permettant des cadences dépassant 300 T/h.

Les barges

Le chargement et le déchargement des barges seront effectués par le navire lui-même. Trois systèmes sont envisagés :

= le système LASH : retenu pour les premiers navires en fabrication - les barges seront hissées à bord à l'aide d'un

portique mobile, d'une puissance de 500 tonnes. La durée d'un cycle devrait être de l'ordre de 15 minutes, soit donc, pour des barges de 400 tonnes, une cadence de 1 600 T/H.

= le système SFABEE : avec des barges de 800 tonnes, maintenues à bord suivant le principe du roll on - roll off et chargées et déchargées par un élévateur syncrolift d'une capacité de 2 000 tonnes pouvant mettre à l'eau simultanément 2 barges chargées, les cadences seraient comprises entre 2 000 et 3 000 T/h.

= le système "Swimm on - swimm off": le navire met à l'eau les barges par flottage après enfoncement du navire. Ce système nécessite des fonds de 20 m et il n'y a pas encore de projets de navire de ce type.

8.4.2. - Les opérations de transfert

Lorsque les entrepôts ou les moyens d'évacuation ne sont pas immédiatement près du quai de déchargement, il est parfois nécessaire de recourir à un véritable transport à bord d'unités de transport classiques (wagons - semi remorques - etc.) en raison de l'importance des distances à parcourir à l'intérieur des ports. Il ne s'agit pas là, à proprement parler, de manutentions.

Dans les autres cas, les opérations sont réalisées essentiellement à l'aide de chariots élévateurs et de transpalettes, sauf en ce qui concerne les containers qui posent des problèmes particuliers.

Le transfert des containers, du pied des portiques jusqu'à un parc de stockage par exemple, peut être fait par

plusieurs moyens. Les plus utilisés sont les suivants :

- semi-remorques spéciales tirées par un tracteur. Les containers restent sur leur remorque sur le parc de stockage.
- les chariots cavaliers : certains modèles permettent le gerbage des containers.
- les chariots élévateurs à prise frontale et surtout latérale.

8.4.3. - Le stockage

Si l'on exclue les modes de stockage particuliers aux produits en vrac, les entrepôts pour marchandises diverses ne sont que de vastes hangars comportant parfois des surfaces de stockage sur deux étages. Dans ce cas, l'utilisation de la zone de stockage en étage est en général mauvaise. L'utilisation en tonnes par m² est deux à trois fois inférieure à ce qu'elle est en rez de chaussée.

Un nouveau problème de stockage est constitué par celui des containers.

La solution couramment retenue est celle du parc à containers. Ceux-ci sont rangés sur une aire de stockage découverte. Ils peuvent être éventuellement empilés sur deux ou trois hauteurs. Lorsque le parc prend une certaine importance, sa gestion devient délicate. Il faut, en effet, non seulement tenir à jour la composition du stock, mais aussi optimiser le rangement des containers en fonction des ordres d'entrée et de sortie, de la distance du navire à charger, etc...

Signalons également l'existence d'un projet de stockage "vertical" de containers sous forme de silos dans lequel les containers sont placés, par un système d'élévateurs, dans

des cellules de stockage. Ce système, analogue à celui utilisé dans certains garages - parkings automatiques - nécessite des superstructures coûteuses et ne peut donc être envisagé que lorsque manque la place nécessaire pour une aire de stockage.

8.5. - Conclusions

Les opérations de manutention représentent une part importante du coût du transport maritime. On admet que pour les marchandises diverses, leur coût atteint le tiers du coût total et que les bateaux passent au moins la moitié de leur temps au port en raison des opérations de chargement et de déchargement.

Tout effort fait pour améliorer le rendement de ces opérations se répercute donc directement sur le prix de revient du transport. Cet effort peut être tenté de plusieurs façons:

- par le développement de l'utilisation d'unités de charge -palettes, containers, semi-remorques, barges-.
- par l'utilisation de moyens de manutention adaptés à ces unités de charge et permettant une mécanisation plus poussée de l'ensemble des opérations.
- par une meilleure organisation des opérations et une meilleure conception des navires.
- par une meilleure formation des manutentionnaires.

De nombreux efforts se heurtent cependant souvent à un problème social aigu - celui du statut de l'ouvrier docker.

Une volonté marquée de recourir à des pratiques malthusiennes -doublement des effectifs, limitation de la charge de certains engins, refus d'effectuer certaines opérations, etc.. afin de se prémunir contre le chômage, constitue probablement un des obstacles les plus importants au développement de manutentions bien organisées, appuyées sur un équipement mécanique plus performant et utilisé dans de bonnes conditions.

Signalons enfin que les problèmes de manutention qui se posent dans les ports fluviaux ne diffèrent pas fondamentalement de ceux rencontrés dans les ports maritimes et n'ont pas été abordés en tant que tels.

+ + +

| |
|------------------|
| IX - CONCLUSIONS |
|------------------|

9.1. - Rendement et coût des opérations de manutention

Quel que soit le mode de transport utilisé, le coût des opérations de manutention, entraînées par les ruptures de charge ou le transbordement d'une unité de transport à une autre, représente une part importante du coût total d'acheminement des marchandises de l'expéditeur jusqu'au destinataire.

Les opérations de manutention ont une double incidence sur ce coût total, d'une part en raison de leur coût propre, d'autre part en raison de leur action sur la rotation des unités de transport qui se trouvent être immobilisées pendant toute la durée des opérations de chargement et de déchargement. Toute mesure tendant à augmenter la vitesse de réalisation de ces dernières opérations aura donc généralement une incidence favorable sur le coût du transport proprement dit, puisqu'elle permettra une utilisation plus intensive des unités de transport. Par contre, elle peut entraîner une augmentation du coût des manutentions.

De façon générale, l'augmentation des performances d'un système de manutention ne se fait pas toujours sans augmentation du coût unitaire.

9.1.1. - L'augmentation du rendement des manutentions

Parler de rendement des opérations de manutention implique tout d'abord que l'on définisse ce terme.

Lorsque l'on parle du rendement d'un quai portuaire par exemple, on entend par là le nombre de tonnes embarquées ou débarquées pendant une année sur ce quai. Ce rendement dépend, bien entendu, du temps d'utilisation de ce quai. Mais, pendant le temps d'utilisation, il dépend également du nombre de postes de travail équipés, du matériel mis en oeuvre et de la qualification de la main-d'oeuvre employée.

Plus généralement, le rendement d'un système de manutention --quelle que soit sa complexité : gare tout entière, quai, engin ou ouvrier seul-- dépend :

- de l'équipement,
- de la formation du personnel,
- de l'organisation interne de ce système,
- de l'organisation du système plus général dans lequel il s'insère (ce dernier élément influe en particulier sur le temps d'utilisation).

a) l'équipement

Les progrès réalisés par les matériels et par l'automatisation ouvrent des perspectives sans précédent à la manutention.

Dans le secteur de la production, les manutentions ont longtemps été négligées par rapport aux opérations de fabrication. Or, il est certain qu'une chaîne de fabrication ne peut correctement fonctionner si elle est mal alimentée. C'est pourquoi il y a maintenant plus de gain à réaliser sur les coûts par l'amélioration des manutentions que par celle des techniques de production.

Dans les transports, les manutentions ont également souffert de la priorité accordée à l'amélioration des unités de transport.

L'accroissement des flux traversant les centres de rupture de charge fait peu à peu ressortir les retards pris dans ce domaine. Il est nécessaire que tous les éléments d'un système évoluent homothétiquement pour que les flux qui le traversent puissent croître proportionnellement.

Améliorer l'équipement, c'est, dans l'ordre des priorités :

- choisir le matériel le mieux adapté
- créer de nouveaux matériels
- Automatiser l'installation mécanique quand cela devient nécessaire.

b) la formation du personnel

Les rendements, pour un matériel donné, peuvent varier, par ouvrier et par heure, de près de 100% suivant la qualification de cet ouvrier.

Les gains de productivité réalisables par la formation des ouvriers sont, dans le domaine des manutentions, encore très importants.

L'automation, bien que réduisant dans une large mesure, là où elle est appliquée, les besoins en main-d'oeuvre, ne supprime pas complètement le problème.

c) L'organisation du système et de son environnement

Les équipes de manutention placées aux points de passage de flux de marchandises sont tributaires de la répartition et de la composition des arrivées et des départs. Ainsi, le rendement journalier moyen d'une équipe peut-il paraître très faible, alors qu'en période de pointe l'ensemble des équipes ne suffit plus.

Pour une heure d'activité normale, le rendement varie encore beaucoup en fonction de la composition du flux. Nous avons vu combien les débits peuvent différer suivant que les marchandises se présentent sous forme de colis hétéroclites de toutes dimensions ou bien sous forme d'unités de charges standardisées (palettes ou containers). Ils peuvent également varier en raison des caractéristiques de capacité et de forme des unités de transport qu'il s'agit de charger ou de décharger.

9.1.2. - Les coûts de manutention

Les mesures agissant sur le rendement des systèmes de manutention peuvent avoir des effets différents sur le coût unitaire des manutentions - prix de la tonne manutentionnée -. Nous distinguerons :

- les mesures qui ont pour effet d'augmenter le rendement sans augmenter le coût de l'ensemble du système. Le coût unitaire diminue alors nécessairement. Parmi ces mesures, on peut citer certaines mesures d'organisation ou des actions de formation du personnel qui, pour une dépense minime, contribuent efficacement à élever la productivité.

- les mesures qui augmentent le rendement plus que proportionnellement au coût total. Le coût unitaire diminue encore si le débit est suffisant pour alimenter l'installation et lui permettre de réaliser effectivement le rendement moyen qu'elle peut théoriquement atteindre. Parmi ces mesures, il faut essentiellement citer la mécanisation et dans certains cas l'automatisation.

- les mesures qui augmentent le rendement moins que proportionnellement au coût total. Le coût unitaire augmente dans ce cas. L'opération n'est donc rentable que si cette augmentation est plus que compensée par une diminution du coût du transport proprement dit, par suite d'un accroissement du débit, donc d'une meilleure utilisation des unités de transport ou, de façon générale, par une diminution du coût du système transport - stockage - manutention, où le système de manutention considéré est intégré.

Cette situation est le cas de certaines installations automatisées dont la rentabilité est à rechercher dans des économies extérieures au système.

Il n'a pas été possible dans le cadre de cette étude, étant donné ses objectifs et les moyens engagés, de chiffrer de façon précise ces notions de rendements et de coûts. Les disparités enregistrées dans les conditions de fonctionnement des systèmes de manutention font que les rendements réels - lorsqu'ils sont effectivement mesurés - diffèrent entre eux autant qu'ils diffèrent des rendements théoriques que l'on pourrait calculer à priori connaissant

les possibilités des matériels et les standards de temps tabulés pour les opérations élémentaires de manutention.

A plus forte raison, en est-il ainsi pour les coûts qui sont souvent très mal connus et qui ne présentent qu'une faible corrélation avec les tarifs effectivement pratiqués.

Pour être valable, une étude des rendements et des coûts réels devrait tout d'abord reconstituer et analyser sur plusieurs cas particuliers les valeurs atteintes et ensuite s'efforcer d'expliquer, en fonction des différents paramètres variant d'un cas à l'autre, les différences enregistrées.

9.2. - Perspectives et problèmes particuliers

De façon générale, la poursuite de la mécanisation des opérations de manutention doit être un élément d'amélioration des rendements et d'abaissement des coûts. Dans le domaine des transports publics, cette mécanisation est déjà bien développée, c'est pourquoi les gains à atteindre resteront relativement limités.

L'automatisation apparaît comme le stade suivant de l'évolution. Dans certains secteurs, elle est commencée. L'automatisation est indéniablement souhaitable à long terme. Elle seule permettra une augmentation des débits, tout en augmentant -une fois passée la période de démarrage- la fiabilité des systèmes. Mais, il serait présomptueux d'en attendre à court terme une nette diminution des coûts, sauf lorsque, à la suite de phénomènes de concentration, elle rend possible un changement d'échelle dans la grandeur des flux à traiter.

Le niveau de développement atteint par les différents types de centres de tri et de gares de transit apparaît très inégal suivant les secteurs.

Les gares de fret aérien, nouvelles venues dans le monde des transports de marchandises, semblent vouloir concentrer en matière d'organisation, de mécanisation et d'automatisation, la quintessence des méthodes les plus modernes. Faute peut-être d'avoir à traiter des flux suffisamment importants, composés d'éléments standardisés, elles n'ont pas encore permis un abaissement significatif des coûts de manutention. De plus, elles traversent encore la période des maladies infantiles inévitables avec ce genre d'installations.

Pour des débits équivalents, les gares routières se sont orientées vers des solutions beaucoup plus modestes sur le plan de l'automatisation. Elles aussi doivent surmonter des difficultés de jeunesse, liées à des causes cependant différentes.

Héritière d'une infrastructure souvent contraignante et d'une main-d'oeuvre dont il lui faut tenir compte dans ses projets d'équipement, la S.N.C.F., qui ne peut pas non plus escompter un rythme de croissance de son trafic analogue à celui enregistré dans le transport aérien de marchandises, n'a pas non plus eu recours à des solutions aussi "révolutionnaires".

Confrontés à l'arrivée massive des containers, les ports français s'équipent pour y faire face. Dans ce domaine, comme pour celui de l'installation de postes spécialisés pour la manutention de produits particuliers, les progrès indispensables risquent d'être freinés par le problème social que constitue l'attitude des ouvriers dockers.

Dans cette situation d'ensemble, plusieurs problèmes méritent, au cours de la période couverte par le VIème Plan, de retenir une attention particulière.

9.2.1. - La circulation des informations

Parallèlement aux flux de marchandises, doit circuler un flux d'informations nécessaire pour :

- l'identification des marchandises,
- permettre le contrôle du transport et le tri des expéditions,
- tenir lieu de contrat de transport et permettre la facturation.

Ces informations circulent sous forme de documents établis de façon anarchique, souvent sans aucun soin, et sont ainsi la cause de nombreuses erreurs.

La mise sur pied d'un système standardisé devrait permettre une meilleure rationalisation des systèmes de gestion des centres de rupture de charge, préalable au développement du traitement sur ordinateur. Le terme ultime de l'évolution à envisager étant la communication de toutes ces informations par téléprocessing, avant même l'arrivée des marchandises. Ceci permettrait de résoudre en partie les problèmes d'organisation qui, plus que l'insuffisance de l'équipement, constituent dans certains cas, un frein à l'abaissement des coûts.

2.2.2. - Le développement des gares routières

Nous avons déjà signalé le problème que posait d'une part l'organisation des gares routières collectives, d'autre part la détermination de leur nombre et de leur localisation dans le contexte de la distribution et de la collecte des marchandises en zone urbaine.

Ce problème devrait être largement traité dans le cadre d'une action de recherche menée conjointement par l'Institut de Recherche des Transports et le CERLIC.

9.2.3. - Les gares intermodales

Bien que les gares soient destinées aux mêmes opérations de transfert de marchandises d'une unité de transport à une autre, leurs structures physiques diffèrent selon le mode de transport utilisé ; par exemple, un wagon en déchargement neutralise 10 m de quai au minimum, alors qu'un camion occupera 3m ; mais, devant le quai, le train n'occupe que 4,50 m ; le camion selon sa taille aura besoin de 15 à 30m de cour de débord. Ces schémas d'infrastructures des unités d'entrée et de sortie des gares intermodales peuvent avoir ainsi des caractéristiques différentes et même opposées.

Par ailleurs, les coûts d'exploitation des unités de transport aux approches des entrées et sorties du système peuvent être très différents (par exemple, un BOEING 727 roulant au sol et la flotte de camionnette de livraison correspondante) si bien que l'emplacement et la taille des unités de manutention intermodales ne peuvent résulter que de compromis entre des besoins opposés.

La tendance naturelle est de rapprocher les unités de manutention des unités de transport les plus onéreuses, donc les plus grandes.

Or, la tendance au gigantisme des unités de transport provient surtout des transporteurs eux-mêmes (et des constructeurs de matériel) qui n'examinent le plus souvent que le coût du transport effectué par eux-mêmes. Par contre, les collectivités prennent souvent en charge, directement ou indirectement, les infrastructures des gares intermodales (ports, aéroports, gares SNCF, etc...), sans avoir toujours des moyens d'action sur les unités de transport elles-mêmes et sans pouvoir en éviter l'accueil.

On ne peut se borner dans la conception des gares intermodales à l'étude du système de manutention lui-même, mais on doit réfléchir, et au besoin agir, dans la mesure du possible, sur

les unités de transport entrant et sortant.

Comme le plus souvent les gares intermodales s'inscrivent dans des systèmes de transport internationaux où interviennent des agents économiques eux-mêmes de toutes nationalités, la réflexion et surtout l'action y sont particulièrement difficiles.

Pourtant, le problème n'est pas négligeable si on se souvient de la part importante des opérations terminales dans le coût d'un transport (1/3 des transports par mer - terre, la moitié d'un transport route à 800 kms).

9.2.4. - Les lois du tri et les différents systèmes possibles

Le tri constitue avec le chargement et le déchargement l'opération principale réalisée dans un centre de rupture de charge. C'est pourquoi, il importe d'en bien connaître les lois en fonction des différents paramètres afin d'être à même de définir les systèmes les mieux adaptés à chacun des cas se présentant.

9.2.5. - L'application de techniques nouvelles à la manutention des marchandises

a) manutention sur film ou sur coussin d'air

Le film d'air est en fait un convoyeur à bande dans lequel la bande ou les rouleaux sont remplacés par un film d'air créé par l'injection d'air sous pression à travers des petits trous répartis à la surface de bande de convoyage. Par inclinaison de ces jets d'air, il est possible de donner à la force une composante verticale servant à la sustentation des charges et une composante horizontale permettant leur déplacement.

Le coussin d'air créé sous une plate-forme mobile remplace avantageusement les roues d'un chariot. Cette technique permet une rotation des charges sur leur axe, n'entraîne qu'une force de frottement très faible - une force de déplacement de l'ordre du millième du poids de la charge est par conséquent suffisante - et la manutention réalisée est beaucoup plus douce qu'avec les chariots classiques.

b) utilisation du moteur linéaire

La transposition du principe de l'aérotrain pourrait être envisagée pour réaliser des convoyeurs au sol alors que celui de l'Urba devrait permettre la réalisation de convoyeurs aériens du type "à balancelles".

Le développement de ces techniques, et particulièrement celle de la manutention sur coussin ou film d'air, devrait constituer dans les 10 ,à 15 années à venir, un facteur de progrès important dans ce domaine.

9.2.6. - Problèmes divers

Plusieurs problèmes de moindre importance mériteraient cependant de retenir l'attention, en particulier :

- la gestion des parcs à containers,
- les palettes perdues et les techniques nouvelles d'emballage - conditions de rentabilité et possibilité de diffusion",
- l'adaptation des engins de transport aux opérations de manutention,
- l'utilisation des grues surpneus ou des grues tours dans les opérations de manutentions portuaires.